

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Rok 2015

Bc. Martin Válek

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Studie nasazení dálkově ovládaných prvků
v distribuční síti 22 kV

Study of Remote Control Elements Positioning
in 22kV Distribution Networks

Rok 2015

Bc. Martin Válek

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Válek**

Studijní program: N2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika

Téma: Studie nasazení dálkově ovládaných prvků v distribuční síti 22kV
Study of Remote Control Elements Positioning in 22kV Distribution
Networks

Zásady pro vypracování:

1. Teoretický rozbor distribučních sítí
2. Teoretický rozbor spolehlivosti
3. Popis současného stavu nasazení dálkově ovládaných prvků
4. Analýza využití a funkčnosti jednotlivých typů dálkově ovládaných prvků v části DS 22 kV.
5. Návrh nasazení DO na základě provedené analýzy
6. Vyhodnocení vlivu nasazených DO na ukazatele nepřetržitosti distribuce
7. Zhodnocení a závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Hradílek Z. : Elektroenergetika, skripta VŠB Ostrava 1992
2. Santarius P. : Elektrické stanice a vedení, skripta VŠB Ostrava 1990
3. Tůma J., Rusek S., Goňo R., Martínek Z., Chmišinec I.: Spolehlivost v elektroenergetice. Praha: ČVUT Praha, 2006, 4, 187 - 254,
4. Dokumentace ČEZ Distribuce, a.s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

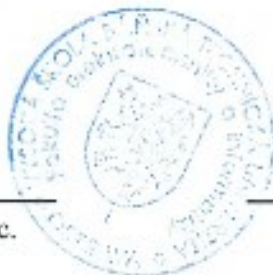
Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.**

Datum zadání: 01.09.2014

Datum odevzdání: 07.05.2015




prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 7. 5. 2015


.....

Bc. Martin Válek

Souhlasím se zveřejněním této diplomové práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských/magisterských programech VŠB-TU Ostrava.

V Ostravě dne 7. 5. 2015


.....

Zástupce fy ČEZ Distribuce, a.s.

Ing. Jiří Šoltys Ph.D.

Poděkování

Chci poděkovat svému vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Stanislavu Ruskovi, CSc. za cenné rady a připomínky, které mi pomohly k vytvoření této práce. Poděkování patří i mé rodině, za poskytnutý prostor ke studiu při zaměstnání.

Abstrakt

Tato diplomová práce popisuje možnosti nasazení dálkově ovládaných prvků do distribuční sítě 22 kV. Je zde popsána základní funkce jednotlivých dálkově ovládaných prvků používaných v distribuční soustavě. Výhody takovýchto prvků v distribučních sítích pro obsluhu zařízení, ukázka řešení poruchových stavů v distribuční soustavě s využitím ukazatelů nepřetržitosti distribuce. Výsledkem této práce je posouzení dalšího možného nasazení dálkově ovládaných prvků v síti.

Klíčová slova

Dálkově ovládaný odpínač, distribuční soustava, elektrická vedení VN, elektrická zařízení, indikátor poruch, inteligentní venkovní odpínač, recloser, rozvodna, spolehlivost dodávky, úsečník.

Abstract

This thesis describes the deployment options of remote-controlled elements in the distribution network of 22 kV. It describes the basic functions of the individual remote-controlled elements used in the distribution system. The benefits of such elements in the distribution network for operating the equipment, demonstration of resolving failure in the distribution system using the continuity indicators of distribution. The result of this work is to assess further possible deployment of remote-controlled elements in the network.

Key words

Disconnecter, distribution network, electrical equipment, electrical substation, fault indicator, HV power lines, intelligent outdoor switch disconnector, recloser, remote control elements, supply reliability.

Názvosloví – krátké definice vybraných odborných pojmů

DS	distribuční soustava
DO	dálkově ovládaný
DOS	dálkově ovládaná stanice
DOÚ	dálkově ovládaný úsečník
DŘS	dispečerský řídicí systém
DTS	Distribuční trafostanice
ERÚ	Energetický regulační úřad
ES	elektrizační soustava
GPRS	služba přenosu GSM dat, z <i>anglického General Packet Radio Service</i>
GSM	globální systém pro mobilní komunikaci, z <i>francouštiny Groupe Spécial Mobile</i>
IED	Inteligentní elektronické zařízení, z <i>anglického Intelligent Electronic Device</i>
OZ	opětovné zapnutí
PPDS	pravidla provozu distribuční soustavy
PPPS	pravidla provozu přenosové soustavy
PS	přenosová soustava
R	před písmenným názvem znamená Rozvodna
RIS	dispečerský řídicí systém
SMS	Služba krátkých textových zpráv, z <i>anglického Short message service</i>
mn	malé napětí
nn	nízké napětí
vn	vysoké napětí
uvn	ultra vysoké napětí
vvn	velmi vysoké napětí
zvn	zvlášť vysoké napětí

Obsah

1	Úvod	1
2	Teoretický rozbor distribučních sítí	2
2.1	Zapojení sítí	6
2.2	Distribuční soustava	8
3	Teoretický rozbor spolehlivosti.....	13
3.1	Základní pojmy a definice	14
3.2	Hlavní spolehlivostní ukazatele.....	16
4	Popis současného stavu nasazení dálkově ovládaných prvků	19
4.1	Současný stav v DS	19
4.1.1	Recloser	20
4.1.2	Inteligentní venkovní odpínač	24
4.1.3	Dálkově ovládaný venkovní odpínač	27
4.1.4	Dálkově ovládaná kabelová trafostanice	29
4.1.5	Další typy automatizovaných prvků	30
5	Analýza využití a funkčnosti jednotlivých typů dálkově ovládaných prvků v části DS 22kV ..	31
5.1	Výhody dálkově ovládaných prvků	31
5.2	Provozní režimy jednotlivých prvků a jejich nastavení.....	32
5.2.1	Vedení vybavené pouze DO odpínačem	32
5.2.2	Vedení vybavené DO odpínačem a recloserem.....	33
5.2.3	Vedení je osazeno inteligentním venkovním odpínačem a recloserem	35
5.3	Způsob nastavení ochran recloseru a na rozvodně	36
6	Návrh nasazení DO prvků na základě provedené analýzy.....	37
6.1	Umísťování dálkově ovládaných spínačů a vypínačů	37
6.2	Způsoby nasazení DO prvků do zařízení venkovního vedení	37

6.3	Teoretická analýza nasazení DO prvků	38
6.4	Vybrané vedení vn.....	41
7	Vyhodnocení vlivu nasazených DO prvků na ukazatele nepřetržitosti distribuce	43
7.1	SAIFI.....	43
7.2	SAIDI	44
7.3	CAIDI.....	45
7.4	Ukazatelé nepřetržitosti distribuce vybraného vedení vn.....	45
7.5	Vyhledání úseku poruchy	47
8	Zhodnocení a závěr	53
	Seznam použité literatury.....	55
	Seznam obrázků	56
	Seznam tabulek.....	58
	Seznam příloh	59

1 Úvod

Rostoucí rozvoj drobné průmyslové výroby i zvyšující se nároky spotřebitelů na kvalitu a spolehlivost dodávek elektrické energie, to vše klade důraz na rychlé a správné zásahy v distribuční soustavě. Jedním ze způsobů, jak zvýšit spolehlivost dodávek elektrické energie v distribučních sítích, je nasazení dálkově ovládaných prvků, dálkové řízení a nepřetržité monitorování stavů sítě. Dálkové ovládání umožňuje změny konfigurace sítě z místa řízení sítí a operativně reagovat na nenadálé situace a poruchové stavy v distribuční síti, aby případné škody na zdraví, majetku, nebo přerušení dodávky elektrické energie byly co nejmenší. Tato diplomová práce se zabývá nejprve teoretickým rozбором distribučních sítí, jednotlivých druhů a způsobu jejich zapojení. Obsah kapitoly vychází z vlastní bakalářské práce obhájené na zdejší škole v roce 2013. Teoretickým způsobem je zde nastíněna problematika spolehlivosti soustavy. Vysvětleny jsou základní pojmy a definice při určování spolehlivostních ukazatelů. V práci je popsána funkčnost jednotlivých dálkově ovládaných prvků, které jsou nasazovány v distribuční soustavě vn 22kV. Jedná se o prvky, které dnešní trh nabízí a jsou ověřené praxí distributorů elektrické energie. Jedná se především o dálkově ovládané prvky různých typů odpínačů, recloserů, inteligentních venkovních odpínačů a indikátorů zkratových proudů.

Cílem práce je posouzení možnosti nasazení dálkově ovládaných prvků do vybrané části distribuční sítě na základě vyhodnocení ukazatelů nepřetržitosti distribuce SAFI, SAIDI.

Práce byla konzultována s odborníky z úseku Řízení sítí společnosti ČEZ Distribuce, a.s.

2 Teoretický rozbor distribučních sítí

Rozvodnou síť můžeme chápat jako soustavu kabelů, vodičů vedoucí elektřinu venkovním i podzemním vedením. Třídít a rozdělovat sítě můžeme podle mnoha parametrů. Např.:

- druh proudu,
- velikost napětí,
- písmenné označení sítí,
- zapojení sítí,
- způsob kladení vedení,
- poslání soustavy (účelu),
- aj.

Druh proudu

Dle druhu proudu můžeme sítě dělit na elektrické střídavé napětí a elektrický střídavý proud, který se v technické dokumentaci značí anglickou zkratkou AC (alternating current), což je v překladu střídavý proud a na elektrické stejnosměrné napětí a elektrický stejnosměrný proud, označován v technické dokumentaci anglickou zkratkou DC (direct current), což je v překladu stejnosměrný proud. Pro potřeby přenosu a distribuce elektrické energie se budu dále zabývat jen rozvodem střídavého proudu [2].

Velikost napětí

Elektrotechnické normy a předpisy dělí elektrické střídavé napětí podle velikosti do následujících stupňů sdružených napětí:

- malé napětí, značka mn, do 50 V,
- nízké napětí, značka nn, 50 V až 1000 V,
- vysoké napětí, vn, 1000 V až 52 kV,
- velmi vysoké napětí, vvn 52 kV až 300 kV,
- zvláště vysoké napětí, zvn 300 kV až 800 kV,
- ultra vysoké napětí, uvn více než 800 kV.

Z uvedených rozsahů se v ČR používají napětí v rozvodných soustavách:

- 0,4 kV - distribuční soustava (to je 400 V sdružené a odpovídající 230 V fázové),
- 6, 10, 22, 35 kV - distribuční soustava,
- 110 kV - distribuční soustava i přenosová soustava,
- 220 kV - přenosová soustava,
- 400 kV - přenosová soustava.

Písmenné označení sítí

Dle způsobu provedení a použitelnost některých druhů ochran před úrazem elektrickým proudem rozlišujeme, zda je zdroj sítě od země izolován, či je některý z vodičů soustavy (zpravidla uzel) uzemněn. Proto jsou pro označování sítí zavedené písmenné označení - zkratky.

Stanovená označení druhu sítí mají tento význam:

a) První písmeno - vyjadřuje vztah sítě a uzemnění:

- **T** - kovové uzemnění uzlu transformátoru (nulového bodu),
- **I** - izolace všech živých vodičů vůči zemi a spojení nulového bodu transformátoru se zemí přes velkou impedanci.

b) Druhé písmeno – vyjadřuje vztah neživých částí v rozvodu a uzemnění:

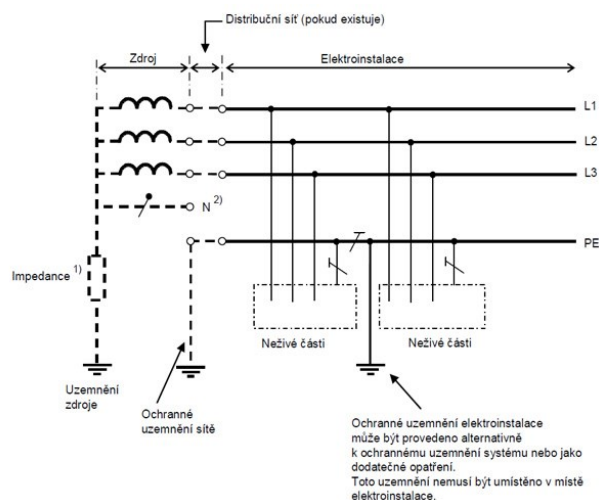
- **N** - přímé spojení neživých částí s uzemněným bodem sítě,
- **T** - přímé spojení neživých částí se zemí.

c) Třetí písmeno - pokud existuje, vyjadřuje uspořádání středních vodičů:

- **C** - funkce středního a ochranného vodiče je sloučena v jediném vodiči PEN,
- **S** - funkce ochranného vodiče je zajišťována vodičem vedeným odděleně od středního vodiče.

Síť **TT** má bod přímo uzemněný a neživé části jsou uzemněny nezávisle.

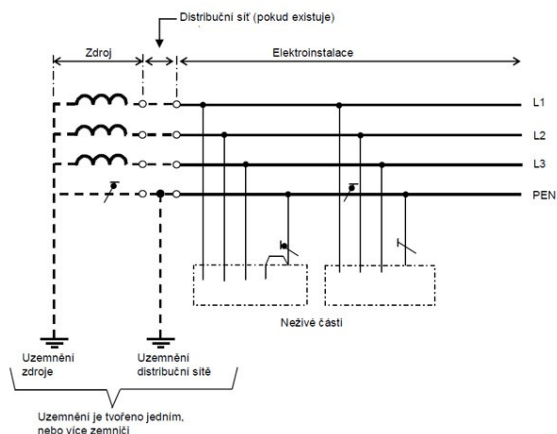
Síť **IT** má všechny živé části izolované od země, jeden bod uzemněný přes impedanci. Neživé části elektroinstalace jsou uzemněny jednotlivě nebo skupinově.



Obr. 2-1: Schéma sítě IT

Napájecí TN sítě mají jeden bod přímo uzemněný u zdroje, neživé části elektroinstalace jsou připojeny k tomuto bodu ochrannými vodiči. Rozlišují se tři typy sítě TN dle uspořádání nulových a ochranných vodičů:

- TN-S síť, ve které je užíván oddělený ochranný vodič,
- TN-C-S pro část sítě je společný ochranný a nulový vodič,
- TN-C síť, ve které je společný ochranný a nulový vodič.



Obr. 2-2: Schéma sítě TN-C

Způsob kladení vedení

Podle druhu kladení elektrického vedení rozlišujeme kabelová a venkovní vedení. Venkovní vedení je energetické zařízení pro přenos elektrické energie, u kterého je ochrana před nebezpečným dotykem živých částí řešena polohou [3]. Základními prvky venkovního vedení jsou podpěrné body včetně zemních částí, konzoly a armatury, izolační prvky a vodiče. Součástí venkovního vedení jsou rovněž rozpojovací prvky, ochranná zařízení, uzemnění apod. Kabelovou sítí se rozumí rozvody provedené kabely uloženými v zemi.



Obr. 2-3: Ukázka venkovního vedení



Obr. 2-4: Ukázka kabelového vedení

2.1 Zapojení sítí

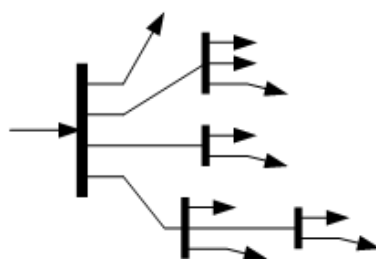
Správné plnění funkcí elektrického rozvodného systému je dáno vhodnou volbou zapojení rozvodné sítě ve všech použitých napěťových hladinách. Na struktuře této sítě závisí rozdělení výkonů, velikosti zkratových proudů, úbytky napětí apod. Jsou jí určeny hlavní parametry použitých rozvodných zařízení a jejich vybavení jak v silových obvodech, tak i pokud jde o ovládání, měření a jištění.

Základní druhy rozvodných sítí jsou:

- paprsková síť,
- průběžná síť,
- okružní (smyčková) síť,
- hřebenová síť,
- mřížová síť.

Paprsková síť

U této sítě z napájecího místa vycházející vedení (paprsek) zásobuje jednotlivé spotřebitele. Nelze jej vzájemně spojit s jiným vedením (paprskem). Používá se v oblastech s běžnými nároky na spolehlivost. V případě poruchy před paprskem nebo na něm, dochází k přerušení dodávky elektrické energie minimálně po dobu nutnou k zajištění náhradního napájení, nebo opravy poruchy.



Obr. 2-5: Schéma paprskové sítě

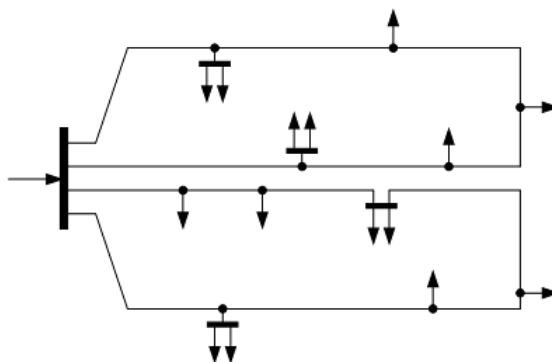
Průběžná síť

Průběžné vedení se používá např. v průmyslových rozvodech pro napájení spotřebičů s velkými příkony se stálým provozem. Protože délky průběžných vedení mohou být značně velké,

je důležitá kontrola úbytku napětí na vedení. Provozní spolehlivost průběžného rozvodu je stejná jako u paprskové sítě.

Okružní (smyčková) síť

Oproti průběžnému rozvodu má okružní síť výhodu lepšího proudového využití rozvodu. Může být tvořena jedním nebo více napáječi. Rozvod je řešen jako okružní vedení a provozuje se obvykle v určeném místě jako rozepnuté. Vedení musí být dimenzováno na zatížení celé oblasti, kterou zásobuje. Velkou výhodou je možnost napájení spotřebičů jednoho okruhu ze dvou stran, čímž se zvyšuje spolehlivost dodávky elektrické energie. V případě poruchy vedení dochází k přerušení dodávky el. energie po dobu vyhledání poruchy a zajištění náhradního napájení.



Obr. 2-6: Schéma okružní sítě

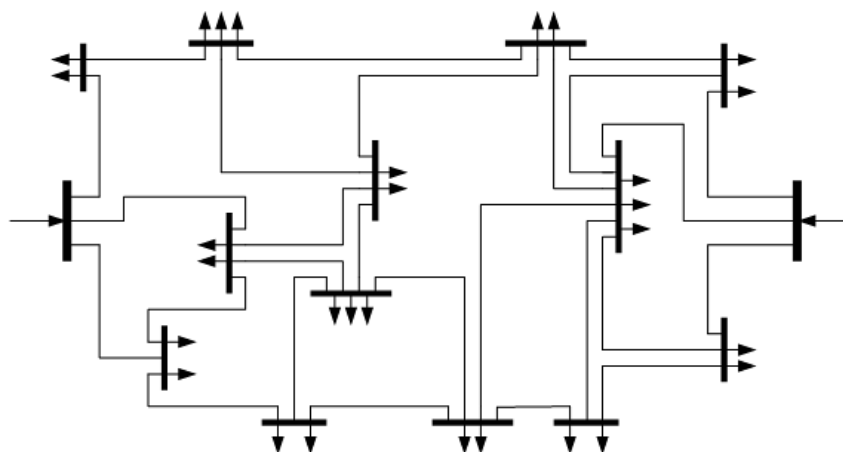
Hřebenová síť

Tento druh rozvodu je vytvořen jako rozvod několika paprsky, které jsou na konci navzájem propojeny v místě soustředěné spotřeby. Přitom paprsky mohou mít ještě odbočky pro napájení jednotlivých bližších spotřebičů. Hřebenový rozvod se velmi blíží okružnímu rozvodu a jeho vlastnosti i použití jsou podobné.

Mřížová síť

Mřížová síť je vytvořena alespoň dvěma napájecími místy s hlavními rozvaděči a hustější sítí vzájemně propojených podružných rozvaděčů. Tak vzniká rozvod, ve kterém jsou jednotlivé podružné rozvaděče napájeny nejméně ze dvou či více směrů. Přitom některé uzlové rozvaděče mohou propojovat větší počet paprsků. Tento druh rozvodu může pokrývat i velké plochy s četnými odběry elektrické energie. Je vhodný pro napájení husté městské zástavby nebo objektů velkých a rozsáhlých průmyslových závodů. Mřížový rozvod má pro svou variabilitu napájecích cest vysokou provozní

spolehlivost, podmíněnou ovšem vysokými pořizovacími náklady a menší využitelností spojovacích cest. Bývá obvyklé, že mřížová síť je vytvořena kabely jednotného průřezu, což umožňuje větší množství alternativ provozu, avšak s menším využitím průřezů kabelů.



Obr. 2-7: Schéma mřížové sítě

Další druhy rozvodných sítí lze získat kombinací uvedených druhů nebo jejich zdvojením. Tak získáme např. často používanou síť dvoupaprskovou.

2.2 Distribuční soustava

Zákon 458/2000 Sb. ze dne 28. listopadu 2000 o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů, §2, odstavec 2, písmeno a): „distribuční soustava je vzájemně propojený soubor vedení a zařízení o napětí 110 kV, s výjimkou vybraných vedení a zařízení o napětí 110 kV, která jsou součástí přenosové soustavy, vedení a zařízení o napětí 0,4/0,23 kV, 1,5 kV, 3 kV, 6 kV, 10 kV, 22 kV, 25 kV nebo 35 kV sloužící k zajištění distribuce elektřiny na vymezeném území České republiky, včetně systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky včetně elektrických přípojek ve vlastnictví provozovatele distribuční soustavy; distribuční soustava je zřizována a provozována ve veřejném zájmu.“[4]

Distribuční síť vvn

Distribuční síť vvn tvoří základ distribuční soustavy. Jsou tvořeny venkovními případně kabelovými rozvody s provozním jmenovitým napětím 110 kV. Síť zajišťují tranzit elektřiny z uzlových transformoven zvn/vvn a vvn/vvn do transformoven vvn/vn. Do sítí 110 kV je vyveden výkon z mnoha elektráren o výkonech desítek až stovek MW. Provoz sítí je prováděn převážně

okružním zapojením a tomu odpovídá i způsob jištění distančními ochranami. Nízká četnost poruch, vysoká spolehlivost provozu i díky správnému působení ochranných systémů, to vše je charakteristické pro distribuční síť 110 kV. Nejčastěji se k distribuci používá venkovní vedení a to dvě vedení na jednom stožáru, ale používají se i vedení jednoduchá, trojitá a čtyřnásobná.

Distribuční síť vn

Distribuční síť vn jsou tvořeny venkovními a kabelovými rozvody s provozním jmenovitým napětím 22 kV nebo 35 kV. V provozu jsou i sítě s nižším napětím 3, 6 nebo 10 kV. Tyto sítě jsou postupně v rámci možnosti distributora nahrazovány napětíovou hladinou 22 kV případně 35 kV. Provoz sítí vn je převážně paprskový, průběžný a okružní. Ve městech s převažujícím provozem kabelových sítí umožňující řadu propojení, se využívá okružního rozvodu.

Venkovní vedení vn tvoří základní síť rozvodu distributora mezi jednotlivými sídelními aglomeracemi, napájí kabelových sítí v těchto oblastech, propojovací vedení mezi rozvodnami vvn/vn, a napájecí vedení pro jednotlivé distribuční a odběratelské trafostanice vn/nn.

Venkovní vedení vn začíná zpravidla na průchodkách zděných rozvoden vvn/vn a spínacích stanic vn, případně na kabelových koncovkách kabelových vývodů z těchto zařízení. Vedení pak končí na průchodkách zděných transformačních stanic, kotevních řetězcích stožárových transformačních stanic, nebo na koncovkách kabelových svodů do kabelových sítí, případně transformačních stanic.

Zapojení venkovních vedení vn:

Okružní vedení – jsou části sítě, kde venkovní vedení vn lze napájet z obou stran a tím je umožněno v případě výpadku nebo poruše na vedení umožnit záložní napájení připojených odboček a přípojek. Dle účelu okružní vedení dělíme:

Paprsková vedení - z hlavního nebo propojovacího vedení jsou provedeny vývody k transformačním stanicím, které nejsou již dále ve venkovní síti propojeny. U takto postaveného vedení není možné při jeho poruše zajistit náhradní napájení odběrného místa jiným vedením. Z hlediska účelu je možno paprsková vedení dále dělit na odbočky a přípojky.

Hlavní vedení vedení,[3] vycházející ze zdroje napájení sítě vn, (většinou transformovny vvn/vn), končící ve zdroji napájení. Tato vedení mohou sloužit i pro dočasný přenos náhradního výkonu v případě odstávky transformovny vvn/vn. Tuto skutečnost je třeba brát v úvahu při dimenzování těchto vedení.

Propojovací vedení (propojka) – úsek vedení vn, jehož začátek i konec je vytvořen odbočením z hlavního vedení. Rozdílem mezi propojkou a hlavním vedením je to, že po propojce se neprovádí záložní napájení hlavního vedení. Rozdíl je i v jiném dimenzování vodičů než u hlavního vedení.

Odbočky vedení, která začínají odbočením z hlavního nebo propojovacího vedení, napájí několik přípojek transformačních stanic a končí rozbočením mezi dvěma nejvzdálenějšími trafostanicemi.

Přípojky jsou části vedení, které začínají odbočením z hlavního vedení, propojky nebo odbočky a končí v jedné transformační stanici. Vybudováním další trafostanice se může část původní přípojky změnit na odbočku.

Sít' venkovního vedení vn je ve skutečnosti tvořena kombinací uvedených typů vedení.

Venkovní vedení vn jsou provozována jako jednoduchá, dvojitá (dvojvedení), případně vícenásobná na společných podpěrných bodech. Ve zdůvodněných případech se připouští souběhy vedení 110 kV a vn nebo vedení vn a nn na společných podpěrných bodech, pokud jsou vedení v majetku jednoho distributora.

Pro venkovní vedení vn se používají holé vodiče, jednoduché izolované vodiče a slané závěsné kabely.

Holé vodiče jsou základním typem vedení ve venkovních sítích vn. Standardně se používají slaná hliníková lana s nosnou ocelovou duží, nazývané AlFe vodiče.

Jednoduché izolované vodiče vn jsou komprimovaná lana, slaná z drátů z hliníkové slitiny, opatřená jednoduchou izolací. Tato izolace je pouze základní, a proto jsou vedení s těmito vodiči považována z hlediska ochrany před nebezpečným dotykem živých částí za vedení bez ochrany.

Venkovní vedení s izolovanými vodiči se proto konstruují obdobně jako vedení s vodiči holými, pouze mezifázová vzdálenost vodičů a ochranné pásmo vedení od krajního vodiče je menší. Používají se v místech se zvýšeným nebezpečím pádu stromů do vedení a tam, kde je požadavek na zúžení ochranného pásma. Umožňují kácení zúžených lesních průseků.

Slané závěsné kabely vn jsou svazkové třížilové závěsné kabely s plnou izolací a stíněním, zavěšené pomocí nosného ocelového pozinkovaného lana. Nevyžadují další izolaci. Jejich využití je především v místech, kde nelze z technických, ekologických, prostorových nebo jiných důvodů použít zemní kabel. Také pro dočasné a havarijní odběry a výjimečně při průchodu venkovního vedení v blízkosti jiných objektů nebo zalesněným prostorem.

Kabelová síť vn je druh rozvodů vysokonapětovými kabely uloženými v zemi. Kabelová síť začíná vývodem z rozvodny vn, nebo svodem z venkovního vedení vn a končí v koncové trafostanici či vývodem na venkovní vedení.

Obdobně jako u sítí venkovních, se síť kabelové provozují v paprskovém, nebo smyčkovém zapojení.

Paprskovou síť nelze vzájemně spojit s jiným kabelovým vedením (paprskem). Používá se v oblastech s běžnými nároky na spolehlivost. V případě poruchy distribučního vedení vn nebo trafostanice dochází k přerušení dodávky elektrické energie minimálně po dobu nutnou k zajištění náhradního napájení.

Smyčkovou (okružní) síť je tvořena jedním rozvodným distribučním vedením, řešeným jako jedno okružní vedení, které může napájet určitý počet trafostanic. Vychází z jedné rozvodny vn a je zaústěno do jedné nebo dvou spínacích stanic, nebo do výchozí či druhé rozvodny vn. Vedení musí být dimenzováno na zatížení celé oblasti, kterou zásobuje. Provozuje se obvykle jako rozepnutá. V případě poruchy distribučního vedení vn je možné poruchové místo vymezit a napájet zbytek sítě z druhé strany vedení.

Typy vn kabelů

Dělení vysokonapětových kabelů s izolací ze zesíťného polyetylénu:

- z hlediska opláštění kabelu:
 - jednoplášťový kabel,
 - dvouplášťový kabel,
- z hlediska bariéry proti vniknutí vody:
 - standardní bariéra pod pláštěm je vždy obsažena v každém provedení kabelu,
 - přídatná bariéra v jádře kabelu slouží jako zvýšená ochrana proti podélnému vniknutí vody,
 - vodotěsné provedení kabelu slouží jako zvýšená ochrana proti vniknutí tlakové vody.

Ukládání zemních kabelů musí mezi jiným odpovídat ČSN 33 2000-5-52 a jejich prostorové uspořádání dle ČSN 73 6005. Kabely nesmí být kladeny v půdách obsahujících soli a kyseliny, v půdách s hnojivými látkami a v některých půdách písčitých a kamenitých. V takovém případě se kabely uloží do kanálů, tunelů, trubek, tvárnic, nebo se chrání jiným způsobem před mechanickým a chemickým namáháním. Jednožilové kabely se ukládají do trojúhelníkového nebo plochého

uspořádání. Přednostně se používá ploché uspořádání, kdy kabely mají menší tepelnou degradaci izolace v případě průrazu. Také mají menší možnost přechodu zemního spojení na dvou, nebo třífázový zkrat.

3 Teoretický rozbor spolehlivosti

Spolehlivost distribuční soustavy všeobecně znamená, schopnost soustavy zajistit nepřetržitou a v mezích normy kvalitní dodávku elektrické energie odběratelům. Je to náročný proces začínající u výroby elektrické energie přes její přenos a končící distribucí konečným spotřebitelům.

Elektrizační soustava je jedním z nejsložitějších systémů po živém organismu. Působí v něm různé autoregulace, a to na straně zdrojů i na straně spotřeby. Je třeba, aby elektrizační soustava byla racionálně rozvíjena, udržována a obnovována. Musí být velmi podrobně modelována, což umožňuje nejen řádně připravovat její provoz, ale také zpětně vyšetřovat poruchy a přijímat nápravná opatření.

Pro vytvoření modelu elektrizační soustavy je kromě teoretické výbavy modelérů nezbytné i množství velmi speciálních technických údajů od elektráren, sítí a spotřebičů. Při dodržení zmíněných požadavků, pak takovouto soustavu můžeme nazvat zdravou elektrizační soustavou.

Na základě znění energetického zákona „*Zákon č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)*“ a další platné legislativy (vyhlášky, normy atd.) je každý provozovatel DS a PS povinen dodržovat určitá pravidla k zajištění spolehlivosti dodávek elektrické energie. Souhrn takovýchto pravidel jsou sepsány v pravidlech provozování přenosové soustavy PPPS a v pravidlech provozování distribuční soustavy PPDS. Kvalita napětí v DS pak v normě ČSN EN 50 160. Norma ČSN EN 50160 je českou verzí evropské normy EN 50160:1999 [5]. Norma uvádí hlavní charakteristiky napětí v místech připojení odběratelů z veřejných distribučních sítí nízkého a vysokého napětí za normálních provozních podmínek. Norma udává meze nebo charakteristické hodnoty napětí, jaké může za normálních provozních podmínek očekávat kterýkoliv odběratel.

V PPDS [6] příloze č. 2 je popsána metodika výpočtu ukazatelů spolehlivosti zařízení a prvků. Pro posuzování potřebného času pro rekonstrukci dosluhujícího zařízení, výběr nových zařízení, volbu způsobu provozování uzlu v sítích vn, posouzení vlastností provozovaných zařízení poslouží podklady o spolehlivosti zařízení a prvků distribuční soustavy, které získáme z:

- poruchovosti jednotlivých zařízení a prvků,
- odstávek zařízení při údržbě a revizích,
- odstávek zařízení pro provozní práce na vlastním zařízení i zajištění bezpečnosti při pracích v blízkosti živých částí rozvodu.

Pro určení spolehlivosti zařízení a prvků existuje dle PPDS přílohy 2 [10] výpočet:

- intenzity prostojů prvků:

$$\lambda = \frac{N}{Z \cdot P} \quad [\text{rok}^{-1}] \quad (3.1)$$

N je počet prostojů,

Z je počet prvků příslušného typu v síti,

P je délka sledovaného období [rok].

- intenzity prostojů vedení:

$$\lambda = \frac{N}{l \cdot 0.01 \cdot P} \quad [\text{rok}^{-1} \cdot (100 \text{ km})^{-1}] \quad (3.2)$$

N je počet prostojů,

l je délka vedení příslušného typu [km],

P je délka sledovaného období [rok].

- střední doba prostoje:

$$T = \frac{\sum_{i=1}^N t_j}{N} \quad [\text{hod}] \quad (3.3)$$

N je počet prostojů prvku příslušného typu,

t je doba prostoje prvku příslušného typu [hod].

3.1 Základní pojmy a definice

Poznatky z technických norem, předpisů a odborných publikací popisují jednotlivé pojmy a definice používané při určování spolehlivosti dané soustavy, jak o tom popisuje publikace Prof. Tůmy a kolektivu autorů „Spolehlivost v elektroenergetice“.[7]

- **Spolehlivost** je komplexní vlastnost, která zahrnuje dílčí spolehlivostní vlastnosti, např. bezporuchovost, životnost, udržitelnost, skladovatelnost a další, tvořící určitou pravděpodobnost, že objekt je schopen plnit požadované funkce v daných mezích a v daném časovém intervalu.

- **Bezporuchovost** je schopnost objektu plnit nepřetržitě požadované funkce dle stanovených podmínek a po určenou dobu. Lze ji vyjádřit i číselně např. střední dobou bezporuchového provozu, intenzitou poruch, apod.
- **Životnost** je schopnost objektu plnit požadované funkce do dosažení mezního stavu při stanoveném systému předepsané údržby a oprav.
- **Udržovatelnost** je vlastnost objektu spočívající ve způsobilosti k předcházení poruch předepsanou údržbou.
- **Skladovatelnost** je schopnost objektu zachovávat nepřetržitě provozuschopný stav po dobu skladování a přepravy při dodržení předepsaných podmínek.
- **Opravitelnost** je vlastnost objektu spočívající ve způsobilosti ke zjišťování příčin vzniku jeho poruch a odstraňování jejich následků opravou.
- **Pohotovost** je komplexní vlastnost objektu, zahrnující bezporuchovost a opravitelnost objektu v podmínkách provozu.
- **Bezpečnost** je vlastnost objektu neohrožovat lidské zdraví nebo životní prostředí při plnění předepsané funkce po stanovenou dobu a za stanovených podmínek.
- **Objekt** může být systém (soustava) nebo jeho (její) prvek (samostatně uvažovaná část objektu), který je předmětem stanoveného určení z hlediska jeho poslání, jehož spolehlivost se zkoumá a zkouší.
- **Ukazatel spolehlivosti** je kvantitativní charakteristika jedné nebo několika vlastností, tvořících spolehlivost objektu.
- **Provozuschopný stav** je stav objektu, ve kterém je objekt schopen plnit stanovené funkce a dodržuje hodnoty stanovených parametrů v mezích, stanovených technickou dokumentací.
- **Porucha** je stav neschopnosti objektu plnit stanovené funkce objektu, tedy ukončení provozuschopného stavu.

Poruchy mohou mít různé příčiny a různě ovlivňovat schopnost provozu objektu. Svou povahou mohou být poruchy *náhlé*, nebo *postupné* a svým vlivem na provozuschopnost objektu jsou *úplné* nebo *částečné*. *Závadou* se pak nazývá snížená schopnost provozu, která ještě nezpůsobila poruchu.

- **Údržba** (preventivní údržba) je činnost, kterou se udržuje objekt pomocí kontroly a preventivních zásahů v provozuschopném stavu po dobu jeho životnosti.

- **Oprava** je činnost konaná po poruše pro navrácení objektu do provozuschopného stavu.

3.2 Hlavní spolehlivostní ukazatele

Základním ukazatelem spolehlivosti je obecně míněna kvalitativní charakteristika jedné nebo několika vlastností, tvořících spolehlivost objektu. Jedná se především o **bezporuchovost**, která zahrnuje i následující ukazatele: pravděpodobnost poruchy, pravděpodobnost bezporuchového provozu, hustota pravděpodobnosti poruchy, intenzita poruch, střední intenzita poruch, střední doba poruchy a střední doba mezi poruchami.

Bezporuchovost objektů je zpravidla sledována v závislosti na čase, ale někdy lze sledovat bezporuchovost v závislosti na jiné veličině např. počet sepnutí (u spínače) apod.

Při výpočtu spolehlivosti se uvažují pouze náhodné poruchy, vznikající bez předchozích zjevných příčin. Následkem poruchy jiného prvku vzniká porucha závislá, ostatní poruchy jsou nezávislé. Dle doby trvání se poruchy dělí na trvalé a dočasné. Dočasná porucha trvá po dobu působení vnějšího vlivu, nebo samovolně vymizí. Trvalou poruchu lze odstranit pouze opravou nebo výměnou poškozeného objektu.

Dalším ukazatelem bezporuchovosti je **pravděpodobnost bezporuchového provozu**, od kterého lze odvodit i další veličiny spolehlivosti. Pro snazší přiblížení problematiky výpočtu spolehlivosti budeme předpokládat, že daný objekt může být buď ve stavu bezporuchového provozu, nebo ve stavu poruchy a že přechod mezi těmito stavy je okamžitý.

- **Pravděpodobnost bezporuchového provozu** objektu v časovém intervalu od 0 do t je pravděpodobnost, že v tomto časovém intervalu porucha objektu nenastane.

$$R(t) = P(\xi > t) \quad (3.2.1)$$

ξ je náhodná veličina, znamenající dobu do poruchy.

- **Pravděpodobnost poruchy** objektu je následující pravděpodobnost, že v daném časovém intervalu porucha nastane.

$$Q(t) = P(\xi \leq t) = 1 - R(t) \quad (3.2.2)$$

$R(t)$ je nerostoucí funkce času,

$Q(t)$ je neklesající funkce času.

Obě veličiny jsou kladná bezrozměrná čísla nejvýše rovné jedné, kdy $R(0) = 1$, nebo $R(\infty) = 0$.

- **Hustota pravděpodobnosti poruchy**, nebo-li hustota poruch.

$$f(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = \frac{dR(t)}{dt} \quad [\text{h}^{-1}], \text{ nebo } [\text{rok}^{-1}] \quad (3.2.3)$$

- **Intenzita poruch**, kterou se nejčastěji udává bezporuchovost neopravovaného prvku

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad [\text{h}^{-1}], \text{ nebo } [\text{rok}^{-1}] \quad (3.2.4)$$

Tyto čtyři základní veličiny $R(t)$, $Q(t)$, $f(t)$ a $\lambda(t)$ popisují bezporuchovost neopravovaného objektu a pomocí každé z nich je možné odvodit zbývající tři veličiny viz následující tabulka.

Tab. 3-1: Základní veličiny a jejich vztahy

veličiny	$R(t)$	$Q(t)$	$f(t)$	$\lambda(t)$
$R(t)$	$R(t)$	$1 - Q(t)$	$1 - \int_0^t f(t)dt$	$\exp[-\int_0^t \lambda(t)dt]$
$Q(t)$	$1 - R(t)$	$Q(t)$	$\int_0^t f(t)dt$	$1 - \exp[-\int_0^t \lambda(t)dt]$
$f(t)$	$-\frac{dR(t)}{dt}$	$\frac{dQ(t)}{dt}$	$f(t)$	$\lambda(t) \cdot \exp[-\int_0^t \lambda(t)dt]$
$\lambda(t)$	$-\frac{\frac{dR(t)}{dt}}{R(t)}$	$\frac{\frac{dQ(t)}{dt}}{1 - Q(t)}$	$\frac{f(t)}{1 - \int_0^t f(t)dt}$	$\lambda(t)$

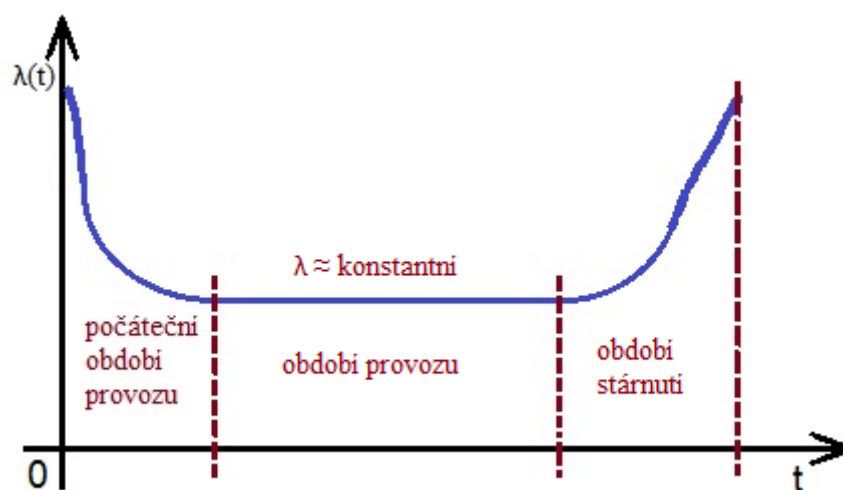
Zobrazit průběh intenzity poruch $\lambda(t)$ pro posouzení bezporuchovosti objektu je možné pomocí „**vanové křivky**“. Vanová křivka je využívána v mnoha technických oborech pro znázornění fyzického života zkoumaného objektu v časovém horizontu. Obvykle se dělí na tři úseky.

První úsek znázorňuje období začátku provozu objektu, období časných poruch. Křivka klesá. Zvýšená intenzita poruch je v tomto období způsobena především návrhem nebo výrobou objektu.

Druhý úsek znázorňuje období normálního využívání. Křivka intenzity poruch v tomto úseku je přibližně rovnoběžná s osou času a intenzita poruch je přibližně konstantní. Poruchy v tomto období vznikají náhodně a bez zjevných příčin.

Křivka ve třetím úseku stoupá. Zvyšuje se počet poruch spojených s dožíváním objektu.

Díky pravidelné kontrole, údržbě a revizím zařízení je možné považovat intenzitu poruch při výpočtech spolehlivosti za konstantní. Tzn., že rozdíl průběhu intenzity mezi jednotlivými úseky vanové křivky je v časovém průběhu zanedbatelný.



Obr. 3-1: Graf vanové křivky

4 Popis současného stavu nasazení dálkově ovládaných prvků

Automatizaci distribuční sítě VN dnes umožňují dálkově ovládané prvky. Tyto prvky distribuční síť reagují v případě poruchy samočinně a ve spolupráci s dalšími dálkově ovládanými prvky automaticky vymezí poruchový úsek, nebo jsou ovládány z dispečerského pracoviště zodpovídajícího za příslušnou část distribuční soustavy. V případě potřeby je optimálním způsobem rekonfigurována síť bez nutnosti místní obsluhy. Tato činnost je provedena v řádu vteřin a dispečer může tuto událost zaregistrovat v podstatě až po provedených manipulacích.

Pomocí dispečerského řídicího systému prostřednictvím signálu GPRS, je vydán povel do ovládací skříně úsečníku umístěné na stožáru. Tato ovládací, neboli řídicí skříň dá pokyn k sepnutí či rozepnutí vysokonapěťového přístroje (např. odpínače). Změna polohy odpínače je provedena pomocí motorového pohonu umístěného v ovládací skříně a prostřednictvím táhla spojeného se samotným odpínačem, který rozpojí či spojí vedení vysokého napětí.

4.1 Současný stav v DS

V rámci České republiky byl donedávna stav nasazování dálkově ovládaných prvků v DS různý. Rozdílnost byla nejen mezi jednotlivými distribučními společnostmi, ale i v rámci jednotlivých společností v dispečerských oblastech. Příčin toho stavu je více. Jednotlivé distribuční společnosti si stanovily směr svého vývoje a koncepce provozování DS, pozměnily se některé technické normy a na trhu vznikly nové firmy, nabízející nejrůznější produkty z oblasti vysokého napětí. Díky spolupráci jednotlivých provozovatelů distribučních soustav ČR, vznikla podniková norma energetiky pro rozvod elektrické energie PNE 35 4212. *Tato norma platí pro třífázové úsekové spínače venkovního provedení na střídavý proud, které jsou schopny vypínat a zapínat stanovený proud při jmenovitém napětí 25 kV a 38,5 kV a kmitočtu 50 Hz.* [8]. I díky této normě se začalo užívat stejných typů prvků napříč republikou a výrobci upravili svůj výrobní program tak, aby této normě jejich výrobky odpovídaly.

Distribuční soustava ČR je rozsáhlá. Jen délka vedení vysokého napětí měří přes 75 tis. km. Ve své práci se zaměřím detailněji na distribuční síť 22 kV, firmy ČEZ Distribuce, a.s., na severní Moravě.

Nadzemní (venkovní) síť vn a většina podzemních kabelových sítí na severní Moravě jsou síť s napětím 22 kV. Vedení vn vycházejí z transformoven 110kV/vn nebo ze spínacích stanic vn. Tato vedení vedou k transformátorům vn/nn nebo k zákazníkům, kteří jsou napájeni z vn sítě. Některá vedení vn také propojují transformovny 110kV/vn a spínací stanice vn.[9]

U nadzemních vedení a u smíšených sítí, kde část vedení je podzemní a část nadzemní, je střed (uzel) napájecího transformátoru na straně nižšího napětí spojen se zemí přes kompenzační tlumivku. Kabelová vedení, která nemají jedinou část nadzemního (venkovního) vedení, mají na severní Moravě napětí 10 kV, u těchto sítí je uzel spojen se zemí přes odpor. Existuje ještě několik málo sítí s napětím 6 kV, ale ty se postupně ruší a přechází se na napěťovou hladinu 10 nebo 22 kV. Tyto sítě 6 kV mají uzel napájecího transformátoru na straně nižšího napětí, buď izolován, který není spojen se zemí, nebo je spojen se zemí přes odpor.

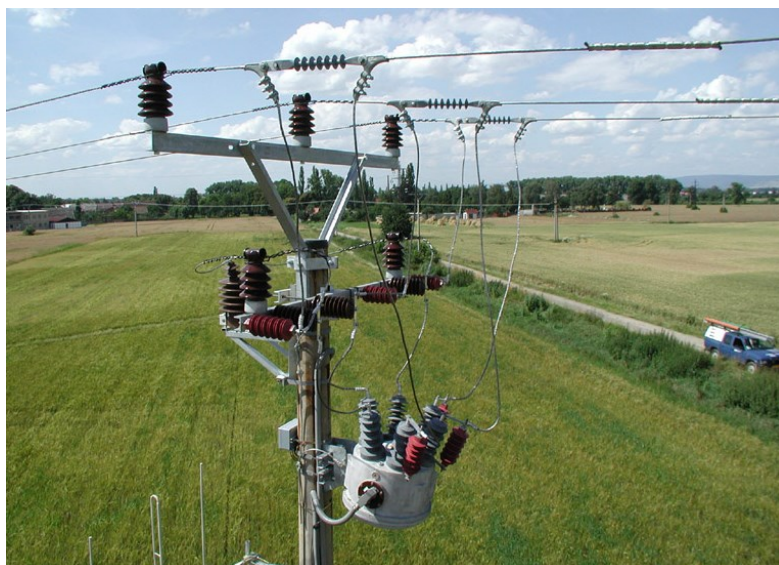
Potřebou distribuční společnosti se dále rozvíjet, začaly se do této oblasti distribučního vedení instalovat prvky dálkově ovládaných přístrojů, které umožňují provádění manipulací bez nutnosti obsluhy pracovní čtyř. Kromě toho, že lze těmito prvky v síti zapínat a vypínat, mají tyto prvky i další funkce. Dle typu přístroje jsou to především funkce ochranné, jako je signalizace nadproudů, vyhodnocení směru zemního spojení, proudové nesymetrie, součástí mohou být i ochrany nadproudové, zkratové, OZ.

Prvky vhodné pro automatizaci distribuční sítě VN jsou především dálkově ovládané reclosery, inteligentní odpínače a dálkově ovládané stanice s odpínači.

4.1.1 Recloser

Vypínače GVR Recloser jsou určeny k použití na venkovních distribučních sítích VN. Je možné je ovládat jako samostatný vypínač, k němuž je třeba mít přídavný napájecí zdroj, nebo jako zařízení zabudované do moderních distribučních automatizovaných systémů. Páka pro manuální vypínání / blokování je umístěna ve vybrání na spodní straně krytu skříně. Průzorové okénko slouží ke kontrole indikátoru zapnutí / vypnutí vypínače.

Vypínač GVR Recloser se umísťuje na podpěrném bodu venkovního vedení. Je vybaven měřicími prvky s řídicí jednotkou. Svým vybavením funkčně splňuje požadavky ochrany vývodu a svým umístěním v daném místě soustavy tak reaguje na poruchy za místem jeho instalace, bez působení ochrany v rozvodně. Vzhledem k tomu, že recloser je možné osadit kamkoliv do vedení, zabezpečí tak i poruchy, které by v rozvodně ochrana vývodu z důvodu velké vzdálenosti od místa poruchy jen obtížně zaznamenala (např. přerušení vodiče). Hlavním přínosem recloserů je jejich schopnost určitého autonomního provozu, který ve spolupráci s dalšími prvky zabezpečí určitou automatizaci části vedení distribuční sítě[11].



Obr. 4-1: Recloser GWR dodávaný firmou DRIBO spol. s r.o.

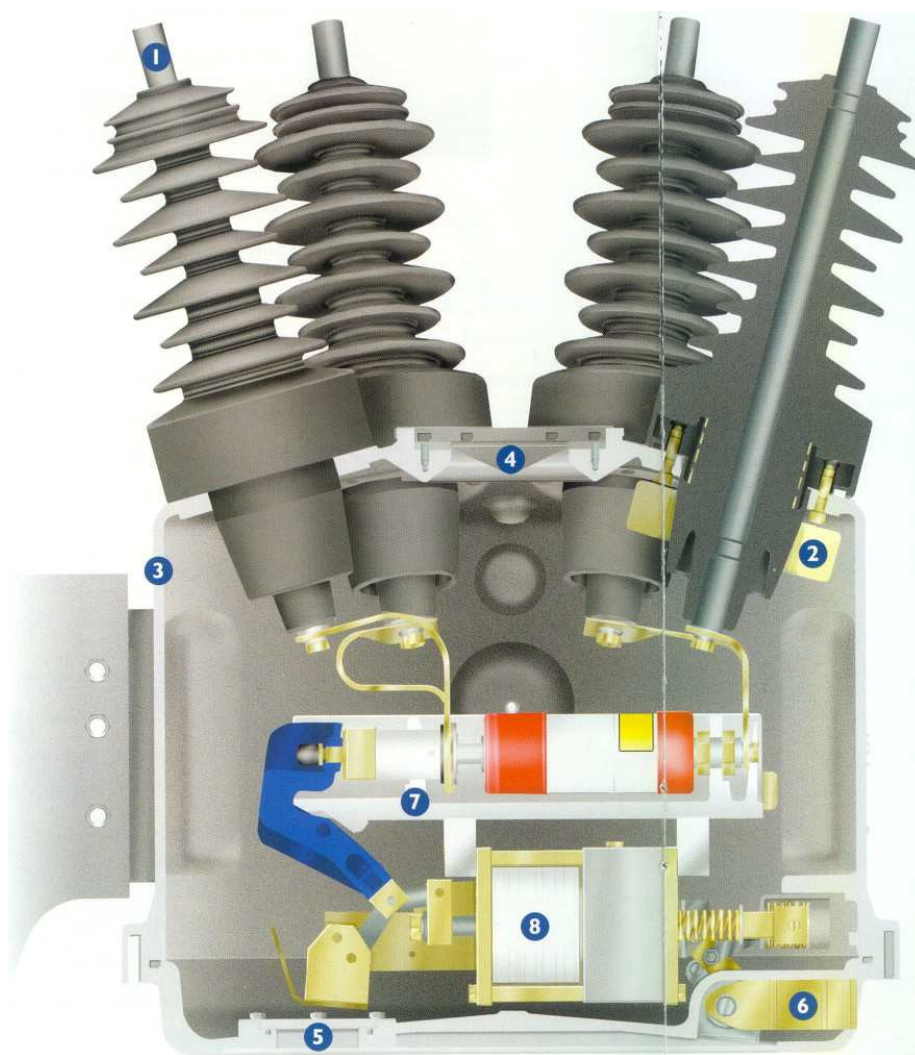
Reclosery se umísťujú do vzdálených miest, kde jsou zkratové proudy pod možností nastavení zkratové ochrany na rozvodně. Vzhledem k parametrům přístroje i jeho vybavení řídicí elektronikou je vhodný především pro likvidaci přechodných poruch v části sítě za místem jeho instalace bez působení vypínače na rozvodně. Běžně je určen pro provoz v klimatických podmínkách od -40°C do $+50^{\circ}\text{C}$. Doba technické životnosti se předpokládá na 30 let, nebo 10 000 cyklů vakuové komory vypínače. Přesnost přístrojů je $\pm 5\%$ standardně u kapacitních napěťových děličů, nebo $\pm 2\%$ se samostatnými transformátory napětí.

Technický popis:

Recloser SF₆ GVR je plynem SF₆ izolovaný vypínač umístěný v hliníkové nádobě se spínáním ve vakuu. V těsné blízkosti průchodek vypínače jsou umístěny omezovače přepětí. Plynem plněný vypínač GVR Recloser s vakuovými komorami představuje kombinaci vysoce spolehlivého vypínání elektrického oblouku ve vakuu a řízeného prostředí s vysokou dielektrickou pevností plynu SF₆, napuštěného v kompaktní bezúdržbové jednotce. V důsledku elektrického oblouku, nevzniká nebezpečí toxických štěpných plynů, protože plyn SF₆ se používá pouze jako izolace.

Magnetický pohon z permanentních magnetů je z materiálu NdFeB (neodym-železo-bór), který má stabilní provozní výkonnostní parametry a značně tím snižují počet pohyblivých částí. Použité materiály, konečné opracování a povrchová úprava jsou vybírány tak, aby vyhověly zkouškám na povrchové proudy dle IEC 1109 v prostředí solné mlhy.

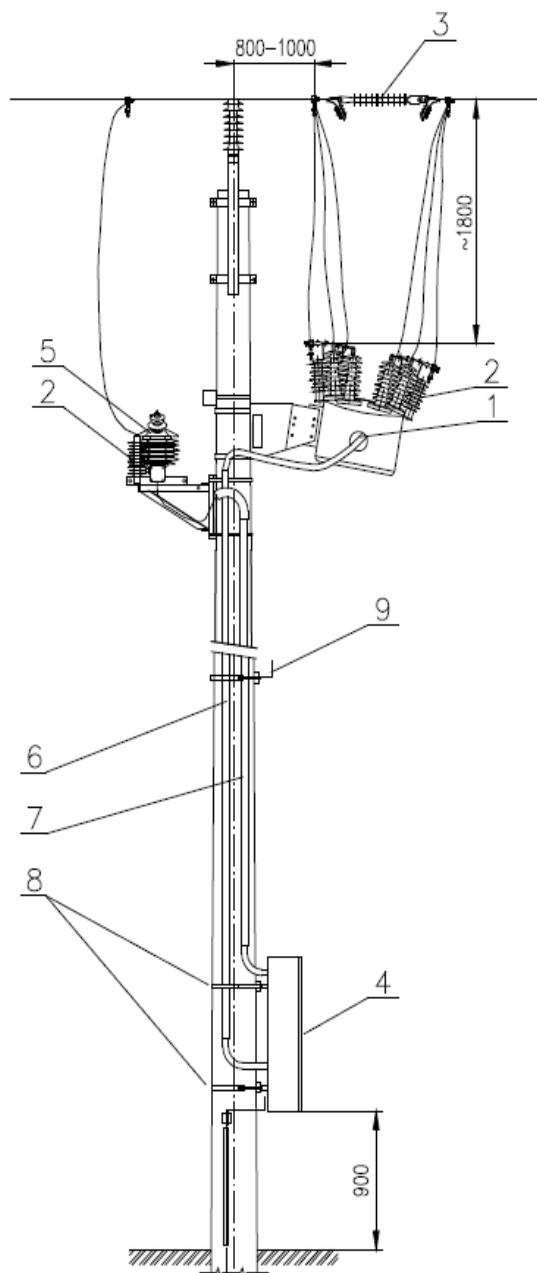
Průchodky jsou vyrobeny z materiálu EPDM, což je ethylen-propylen pryž. Tento materiál je mimořádně odolný proti zestárnutí, ozónu, ultrafialovým paprskům a teplu. Má vysokou odolnost vůči trvalé deformaci. Široký teplotní rozsah použití od -40°C až do 140°C , nízkou absorpci vody, dobrou parotěsnou a vysokou odolnost vůči polárním kapalinám, jako jsou ketony, alkoholy, kyselina octová, silným a slabým minerálním kyselinám.



Obr. 4-2: Řez nádoby vypínače Recloser SF6 GVR

1) Průchodky EPDM ze silikonové pryže, s hliníkovým či měděným jádrem, vyrobené z jediného kusu, s možností vestavěných kapacitních děličů napětí, 2) transformátory proudu instalované uvnitř skříně a kapacitní děliče napětí zapuštěné do průchodek na obou stranách vypínače. Mají jediné vinutí, s odbočkami 100:1, 200:1, 300:1 a používají pro jištění (ochranu) a měření, 3) hliníková nádoba s lehkou litou základovou deskou, zajištěná nerezovými šrouby a obsahující

pryžové těsnicí „O“ kroužky, 4) přídatná talířová membrána na vypuštění přetlaku v nádobě, která



odpovídá IEC 298, dodatek A, a která zajišťuje nejvyšší úroveň bezpečnosti, 5) mechanický ukazatel spínací polohy (O/I), který je opatřen okénkem a dá se kontrolovat vizuálně ze země, 6) manuální vypínání a blokování ovládací tyčí s hákem, 7) držák trojfázového vakuového zhášedla, mechanismus magnetického ovládače a pohonné rameno odlité z jediného kusu, 8) jednocívkový magnetický pohon, který je udržován permanentním magnetem buď ve vypnuté, nebo zapnuté poloze. Pohon je energeticky velmi nenáročný.

Jednocívkový magnetický pohon

Pro zapnutí vypínače GVR se cívka pohonu nabudí v jednom směru. V opačném směru pak nastává vypnutí vypínače tím, že dojde k odblokování přídržné síly. Jednocívkový pohon zajišťuje spolehlivé vypínání za jakéhokoliv stavu baterie a to i při ručním vypínání. Magnetický pohon je jeden pro všechny póly, takže nemůže dojít k nesynchronnímu zapnutí jednotlivých pólů.

Obr. 4-3: Recloser GVR na betonovém sloupu

1) Vypínač GVR, 2) omezovače přepětí, 3) tahový izolátor, 4) skříň dálkového ovládání DOV, 5) napájecí dvoupólový transformátor pro skříň DOV, 6) propojovací kabel vypínače GVR se skříní dálkového ovládání, 7) kabel pro napájení skříně dálkového ovládání, 8) objímky pro upevnění skříně ke sloupu, 9) anténa pro komunikaci GSM-GPRS (popřípadě radiovou sítí).

Ochranné funkce recloseru:

- nadproudová a zkratová ochrana,
- zemní směrová ochrana (princip dI_0 , Wisser, I_j a pod.),
- indikace proudové nesymetrie,
- OZ.

4.1.2 Inteligentní venkovní odpínač

Je určen pro automatické vypínání postižené odbočky z hlavního vedení. Instaluje se za venkovní vypínač recloser, se kterým je selektivně nastaven. Venkovní odpínač umožňuje minimalizovat výpadky a následné škody způsobené nedodávkou elektrické energie při poruchách v síti. Je určen pro montáž pod vedením se vsazenými izolátory pro rozpojení vedení. Vybaven je ručním pákovým pohonem, kdy při zapínání se nasťádá energie pro možnost vypnutí odpínače při průchodu proudu nad stanovenou mez. Elektronický systém slouží k zajištění vypnutí odpínače v beznapětové pauze, následující po neúspěšném rychlém OZ. Odpojením odpínače se odpojí vadná část vedení a následující pomalý OZ již zapíná pouze tu část vedení, která není v poruše. Tím se sníží čas trvání nedodávky elektrické energie na zdravých částech vedení.

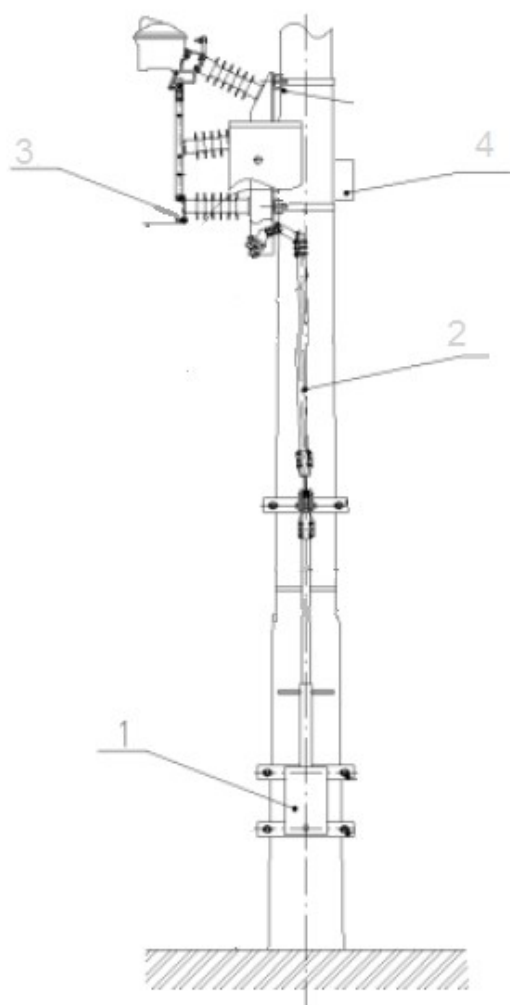
Jejich umístění není vhodné v páteřních linkách nebo na odbočkách k významným odběrům, nebo zdrojům jako jsou malé vodní, větrné nebo fotovoltaické elektrárny.

Pro přenos informací na dispečink je odpínač vybavený měřicím zařízením a prostřednictvím sítě GSM je odpínač schopen podat hlášení o zapůsobení elektronického systému a automatickém vypnutí.

Při překročení nastavené hodnoty proudu ve vodiči vn dojde k aktivaci Snímače Opětného Zapnutí (SOZ). Snímač od tohoto okamžiku očekává příchod dalšího zkratového impulsu, a to v intervalu 0,3 – 3 s po prvním impulsu. Pokud druhý zkratový impuls nepříjde, snímač se po 3 s uvede do počátečního stavu. Pokud v tomto intervalu přijde druhý zkratový impuls (neúspěšný OZ), dojde k aktivaci kodéru a za 0,9 až 1,5 s je vyslán vysílačem zakódovaný digitální povel na přijímač. Ten po jeho dekodování vyšle výkonový impuls, který uvede do pohybu servomechanismus. [11]

Pokud je v době čekání na druhý zkratový impuls obnoven bezporuchový stav daný průchodem proudu menšího než nastavený zkratový, je okamžitě nulována činnost snímače a povel k vypnutí není vyslán. Snímač SOZ je v činnosti pouze při průchodu zkratového proudu. Při normálním klidovém proudu ve vodiči vn jsou vnitřní obvody snímače bez napětí. Tím je zvýšena spolehlivost funkce.

Venkovní odpínač je určen pro provoz v klimatických podmínkách od -30°C do $+40^{\circ}\text{C}$. Doba technické životnosti se počítá na 40 až 50 let, nebo 5000 cyklů vypnutí. Je určen pro nadmořskou výšku do 1000 m n.m., s maximální rychlostí větru (tlakem na odpínač) do 34 m/s a maximální tloušťka ledu nebo námrazy, při které je přístroj plně funkční je do 6 mm.



Obr. 4-4: Inteligentní venkovní odpínač firmy DRIBO spol. s r.o.

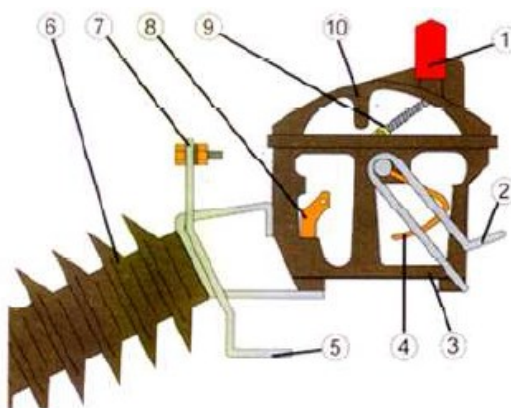
1) ruční skříňový pohon, 2) táhlo, 3) odpínač, 4) skříňka přijímače

Všechny proudovodné díly odpínačů jsou vyrobeny z galvanicky postříbřené elektrolytické mědi a tvoří bezsmýčkovou proudovodnou dráhu. Průřezy vodičů proudovodných částí jsou dostatečným způsobem dimenzovány. Pružiny vyrobené z nerezové oceli působí stálým tlakem

na kontaktní systém a vytváří tak předpoklad pro bezchybné spínání i po mnohaletém provozu odpínačů v extrémních provozních podmínkách a také při námraze.

Spínání a rozpínání inteligentních odpínačů

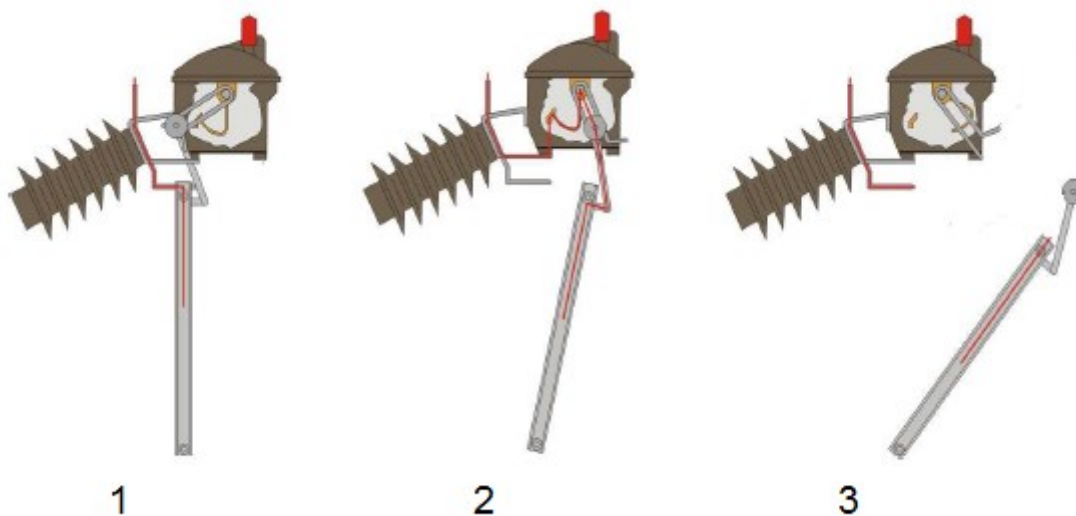
Spínání odpínačů probíhá v těsně uzavřené zhášecí komoře. Zhášecí komory odpínače jsou olejové, připojené paralelně k hlavnímu obvodu. Jsou vybaveny mžikovým spínacím mechanismem. Zhášecí komory jsou dostatečně robustní, aby jejich těsnost nebyla porušena ani při extrémních způsobech používání.



Obr. 4-5: Řez zhášecí komorou inteligentního odpínače

1) Uzávěr plnicího otvoru s měrkou a odvzdušňovacím ventilem, 2) ovládací páka, 3) spodní díl zhášecí komory, 4) spínací roubík, 5) hlavní kontakt, 6) podpěrný izolátor, 7) připojovací svorka se šroubem, 8) pomocný kontakt, 9) mžikový mechanismus, 10) horní díl zhášecí komory.

Kladičkový kontakt, umístěný na odpojovacích nožích, je na konci opatřen dvěma malými kladkami, jejichž vydutí směřuje dovnitř. Zhášecí komora je ovládána vidlicovým kontaktem z nerezové oceli. Při ovládání spínače je tato vidlice nuceně unášena kladičkou při zapínání i při vypínání. Mžikový mechanismus spojený s touto vidlicí působí na kontaktní systém uvnitř komory a mžikově rozezne, případně sepe kontaktů zhášecí komory, nezávisle na rychlosti ručního ovládání. Při vypínání se nejprve rozeznou hlavní kontakty a následně po dosažení bezpečné vypínací vzdálenosti dojde k mžikovému rozeznutí kontaktního systému ve zhášecí komoře.



Obr. 4-6: Proces vypínání inteligentního odpínače

Obrázek 4-6 znázorňuje tři polohy odpojovače, 1) zapnuto, 2) mezipoloha, 3) vypnuto. Inteligentní odpínač funguje v podstatě jako pojistka, která se dá ručně znovu zapnout.

4.1.3 Dálkově ovládaný venkovní odpínač

Dálkově ovládaný venkovní odpínač je určen do venkovních vedení vn, kde při plném vybavení snímači umožňuje prostřednictvím vlastních ochran i odpojení daného úseku v případě poruchy.

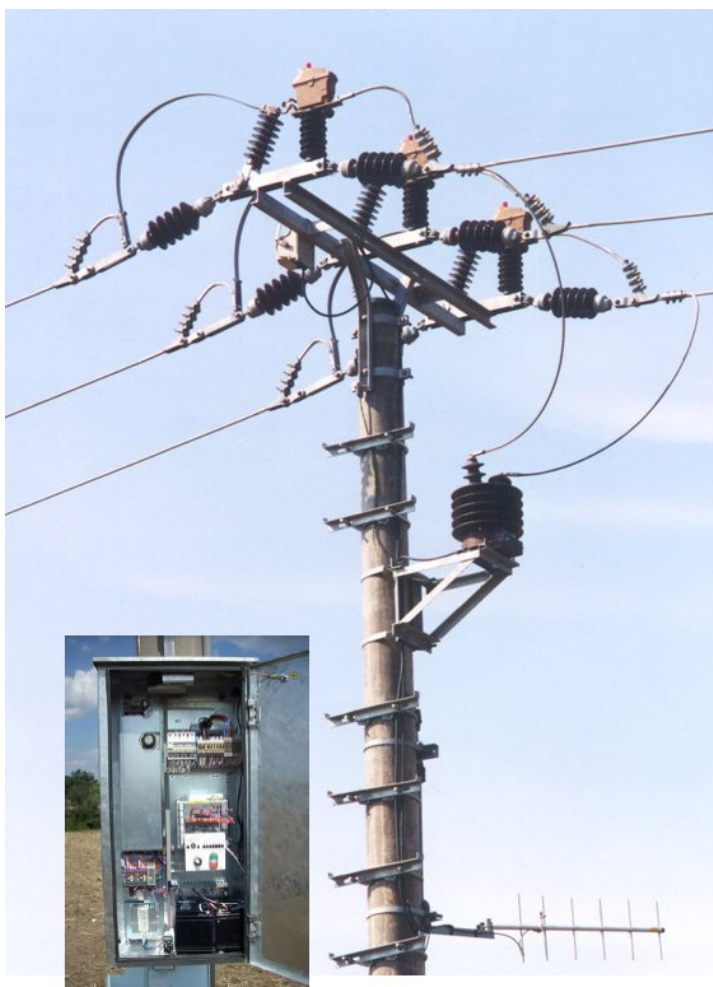
Sestava se skládá z běžně užívaného odpínače Fla, jak bylo popsáno v kapitole 4.1.2. Ruční pohon je nahrazen pohonem motorovým, přidán je i napájecí transformátor s omezovači přepětí, baterie, řídicí jednotka, snímače proudů a napětí.

Komunikace probíhá převážně po síti GSM. Pro oblasti s nedostatečným pokrytím signálu GSM je použit rádiový přenos. Skříňka koncového spínače pro hlášení polohy VYP/ZAP signalizuje nezávisle na stavu pohonu, což je důležité pro spolehlivost signalizace. Pohon má velkou rezervu síly a dokáže se spínačem manipulovat i za velmi silné námrazy. V krajních polohách je samosvorný. Vodiče na stožáru jsou chráněny ochranou trubkou se zaústěním do skříně dálkového ovládání. Dva záložní bezúdržbové akumulátory umožňují provoz DOS po dobu 120 hodin bez napájení ze sítě vn včetně možnosti deseti cyklů manipulací VYP a ZAP. Skříň je vyrobena z ocelového plechu tloušťky 2,5 mm, je žárově zinkovaná a má zdvojené dveře se speciálními zámky, takže je velmi odolná proti vandalům. [11]

V případě úplného vybavení DOU snímači, jsou na silových vodičích každé fáze upevněny proudové měniče s převodem 200A/1A, které provádí měření proudu ve všech třech fázích.

V každé fázi je rovněž měřeno napětí pomocí kapacitního nebo odporového děliče napětí. Naměřený proud je vyhodnocován ve skříni dálkového ovládání řídicí modemovou jednotkou GSM RTU 7M, která údaje o velikosti posílá na dispečink. Provádí také vyhodnocení nadproudů, směru zemních spojení a případného vypnutí odpínače při neúspěšném OZ předřazeného vypínače, za předpokladu úplného vybavení snímači.

Pod odpínačem je připevněn dvoufázový dvoupólově izolovaný transformátor s převodem 22kV/ 100V. Sekundární napětí je využito pro napájení skříně dálkového ovládání, pro signalizaci přítomnosti napětí v distribuční soustavě a pro pohon motoru odpínače.



Obr. 4-7: Dálkově ovládaná stanice s venkovním odpínačem firmy DRIBO spol. s.r.o.

Ovládací skříň je přizpůsobena pro příjem GSM signálu, nebo v provedení pro rádiovou komunikaci a je konstruována pro náročné podmínky venkovního provozu. Skříň má dvoje nezávislé dveře se speciálními zámky. Vnější dveře jsou vybaveny kovovou klikou a zámkem s tříbodovým zamykáním. Vnitřní dveře zabraňují přístupu k řídicí jednotce, ale umožňují veškeré ovládání z místa.

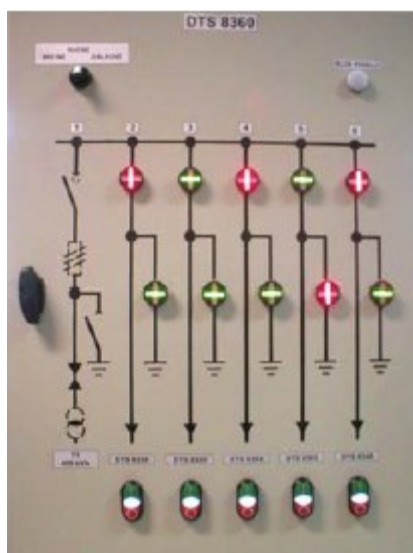
Dálkově ovládaný odpínač by měl být na každé větší odbočce a také v hlavním vedení přiměřeně jeho délce. Kritériem je také důležitost odbočky. Vzhledem k parametrům přístroje i jeho vybavení řídicí elektronikou je vhodný především pro spínání v síti vn do velikosti jmenovitých proudů a pro spínání zemních spojení.

Ochranné funkce DOÚ:

- funkce signalizace nadproudů,
- funkce automatického vypnutí DOÚ na odbočce,
- funkce vyhodnocování zemního spojení za DOÚ,
- vyhodnocování proudové nesymetrie.

4.1.4 Dálkově ovládaná kabelová trafostanice

Řídicí skříň DOS je uzpůsobena pro vnitřní umístění a na vnější straně dveří je nakresleno jednopólové schéma stanice se spínači pro místní ovládání a signalizaci. Základní telekomunikační a řídicí vybavení se neliší od ovládání úsekového odpínače, výrazně vyšší je však počet povelových signálů, měření a monitorovaných signálů z vypínačů a jejich ochran. Ovládat je možné trafostanice osazené jak vypínači, tak i odpínači (odpojovači) s elektromechanickým pohonem od všech výrobců. Elektromechanický pohon lze osadit přímo na hřídel nebo propojit pohon s odpínačem táhlem. Pokud má trafostanice vlastní zálohové napájení ze staniční baterie, lze skříň DOS napájet z něj. V opačném případě se napájí ze sítě 230 V s vlastním zálohováním. [11]



Obr. 4-8: Řídicí skříň DOS

4.1.5 Další typy automatizovaných prvků

V kabelových sítích vysokého napětí jsou instalovány nejen kvalitní multifunkční IED, ale také funkčně jednodušší jednotky pro signalizaci, měření a případně i dálkové ovládání z DŘS. V některých distribučních trafostanicích byly před několika roky instalovány poměrně levné, jednoduché monitorovací jednotky s přenosem dat přes GSM/ GPRS. Signalizují přítomnost napětí a stavy silových spínačů vn a nn jističe u transformátorů vn/ nn, popř. také nadproud, nebo zkrat na vývodech vn z distribučních trafostanic. [9] V trafostanicích, které mají více vývodů vn, se postupně instalují především multifunkční IED. Ty předávají do DŘS nejen stavové a poruchové signály, ale i měřené hodnoty. Jedná se zejména o hodnoty proudů na vývodech vn z distribučních stanic, které signalizují nadproudy a zkraty. Spolehlivě vyhodnocují a směrově signalizují zemní spojení na vývodech vn z těchto stanic.

5 Analýza využití a funkčnosti jednotlivých typů dálkově ovládaných prvků v části DS 22kV

Sítě vn jsou poměrně rozsáhlé, některé linky mají délku i několik desítek kilometrů. Aby dispečer měl možnost dálkově odpojit část sítě s předpokládaným místem poruchy, nasadily se v sítích VN dálkově ovládané úsekové odpínače. DO odpínače jsou schopny měřit velikost procházejícího proudu, indikovat průchod zkratového proudu a jsou schopny rozpoznat zemní poruchu za tímto DO odpínačem.

Mimo tyto prvky se do sítí VN montují dálkově ovládané vypínače s vlastní ochrannou jednotkou RECLOSER, jehož popis je v kapitole 4.1.1. Tento přístroj je schopen vypínat přetížení linky-nadproudy, zkratové proudy. Může provést až 9 cyklů automatického opětného zapnutí. Počet cyklů OZ je dán aktuálním nastavením, startovací impulz je dán působením zkratové ochrany.

Díky nasazení prvků uprostřed linky vn, které jsou schopné provádět vícenásobné OZ linky, je možné za tyto prvky zařadit i inteligentní venkovní odpínače, popsané v kapitole 4.1.2. Pokud inteligentním odpínačem projde dvakrát po sobě stejný zkratový proud, provede se automatické vypnutí. Aby byl takový to prvek v síti funkční, musí být před tímto prvkem v síti jiný předřazený prvek, který je schopen minimálně dvou cyklů OZ. Takovými prvky jsou rozvodna s digitálními ochranami a recloser. K vypnutí inteligentního venkovního odpínače dojde ve druhé beznapětové pauze pomalého OZ. Tyto inteligentní odpínače hlásí dispečerovi do řídicího systému svůj stav, zda je zapnutý nebo vypnutý. Po vypnutí tohoto prvku je nutno poslat obsluhu zařízení na kontrolu stavu vedení, natáhnout ručně spoušť pojistky a opětovně zapnout.

5.1 Výhody dálkově ovládaných prvků

- Zkrácení doby nedodávky elektrické energie,
- dálková lokalizace poruchového místa za provozu s následným vypnutím pouze tohoto místa,
- změny zapojení soustavy bez omezení zákazníků,
- ušetření nákladů na pohyb obsluhy v terénu pro ruční manipulace,
- signalizace,
- bezpečnost - odpadá přímý kontakt se zařízením.

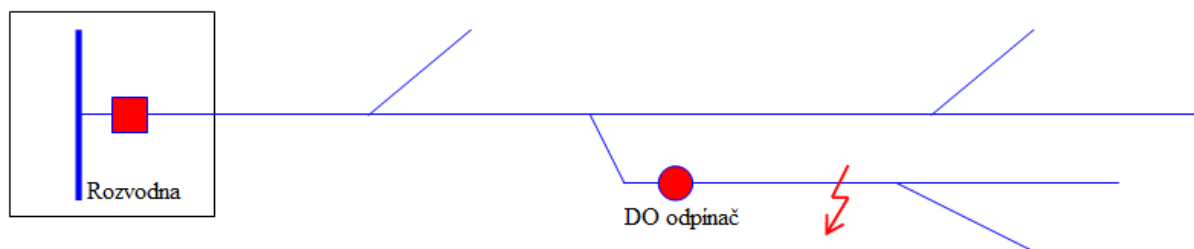
5.2 Provozní režimy jednotlivých prvků a jejich nastavení

V distribučních sítích vn se můžeme setkat s různým uspořádáním vypínacích přístrojů.

5.2.1 Vedení vybavené pouze DO odpínačem

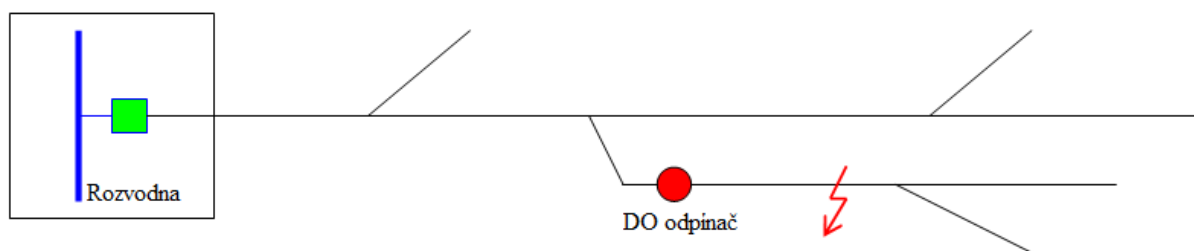
Popsat funkčnost takového vedení se pokusím pomocí jednoduchých obrázků. Červená signalizuje stav prvku zapnuto, zelená vypnuto, blesk znázorňuje místo poruchy.[12]

V rozvodně jsou ochrany vývodu nastaveny na jeden cyklus rychlého OZ. Při vzniku poruchy je vedení opět zapnuto jak je patrné z obrázku 5-1.



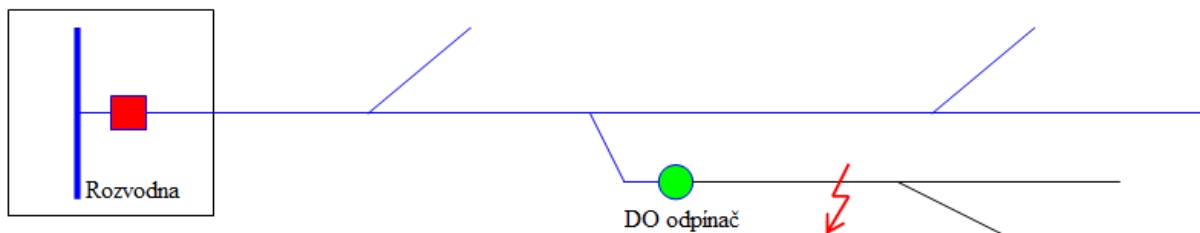
Obr. 5-1: Stav vedení při prvním OZ

Po neúspěšném cyklu OZ na vývodu vn zůstává vedení vn vypnuto v rozvodně obázek 5-2. Celý proces probíhá automaticky. Dispečerský řídicí systém provede dotaz na DO odpínač v příslušné lince. Zjistí-li, že na DO odpínači je evidován průchod zkratového proudu, jedná se o poruchu za tímto prvkem.



Obr. 5-2: Stav vedení při neúspěšném OZ

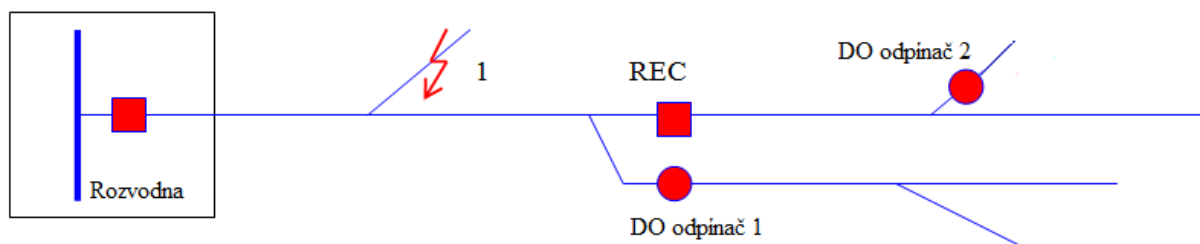
Z řídicího systému je vyslán povel na vypnutí příslušného DO odpínače a následně je možné zapnout část vedení z rozvodny pro tento dálkový prvek viz obrázek 5-3. Poruchu za tímto prvkem musí nalézt a odstranit samotní pracovníci v terénu.



Obr. 5-3: Stav vedení po vymezení úseku poruchy

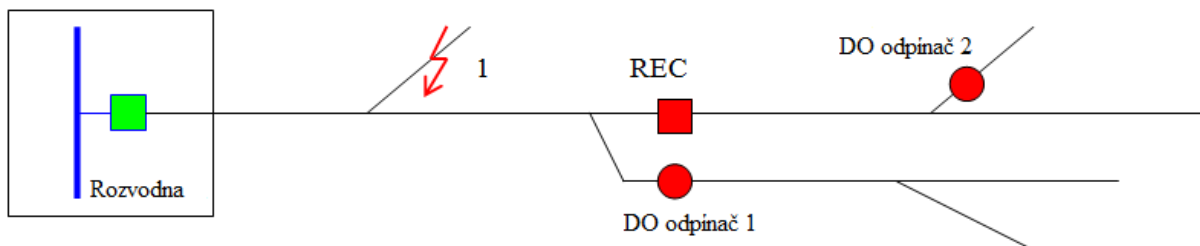
5.2.2 Vedení vybavené DO odpínačem a recloserem

Dalšími možnými prvky ve vedení vn je kombinace DO odpínače a recloseru (REC). Obrázek 5-4 znázorňuje řešení poruchy vedení vn v místě 1.



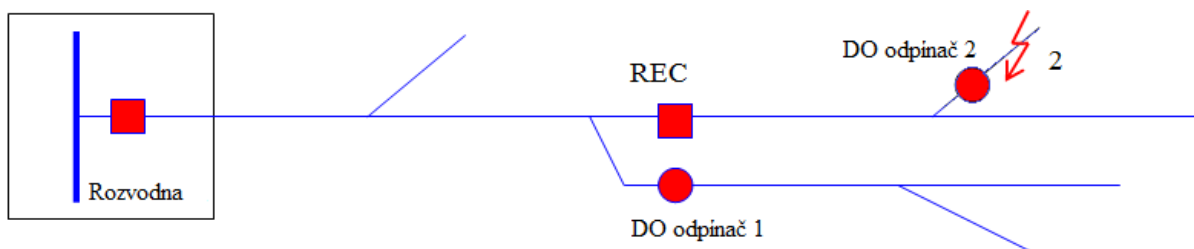
Obr. 5-4: Stav vedení při prvním OZ

Po neúspěšném OZ (obrázek 5-5) je z řídicího systému vyslán dotaz k ohledání REC a DO odpínače 1. Pokud ani jeden z prvků v síti nehlásí průchod zkratového proudu, pak je porucha někde mezi rozvodnou a těmito přístroji. V takovém případě je možné tyto prvky v síti pouze vypnout a pokud to konfigurace sítě umožňuje, zajistit napájení z druhé strany vedení po REC a DO odpínač 1.



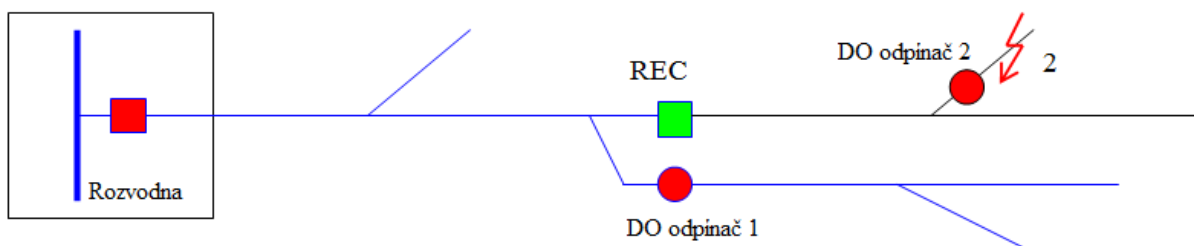
Obr. 5-5: Stav vedení při neúspěšném OZ

Při poruše v místě 2 (obrázek 5-6) dojde pouze k vypnutí REC (obrázek 5-7).



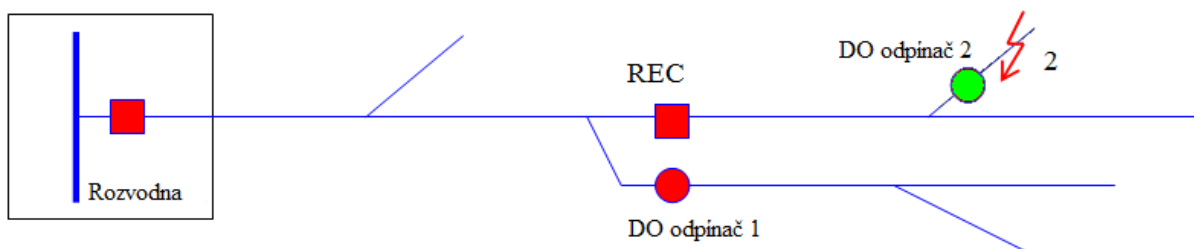
Obr. 5-6: Stav vedení po prvním OZ

Vývod v rozvodně zůstane zapnutý, tím zůstává zbylá část vedení stále v provozu. Dispečerský řídicí systém provádí automatické ohledání stavu DO odpínače číslo 2.



Obr. 5-7: Stav vedení po automatické manipulaci v síti

Pokud je zjištěn průchod zkratového proudu přes DO odpínač 2 (obrázek 5-8), provede se dákovým ovládním jeho rozpojení. Vypnutou část linky je možno znovu zapnout pomocí reclouseru.

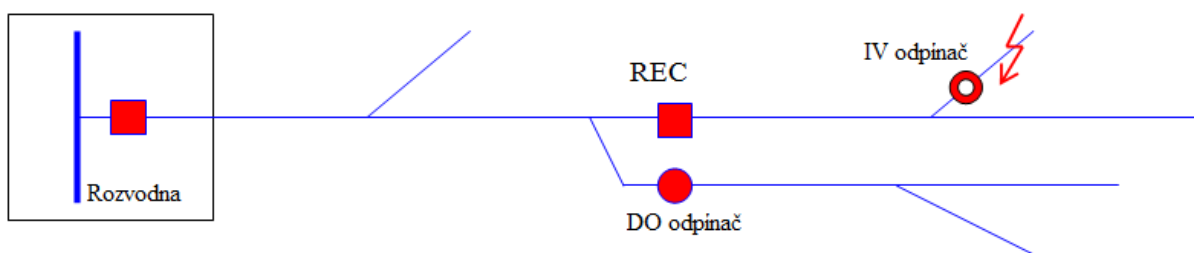


Obr. 5-8: Stav vedení po vymezení úseku poruchy

Pouhým nastavení náběhové úrovně proudu, nelze zpravidla docílit selektivity. Aby bylo docíleno správné funkce ochran recloseru je nutné na vývodu z rozvodny provést časové zpoždění zkratových ochran cca o 200 ms.

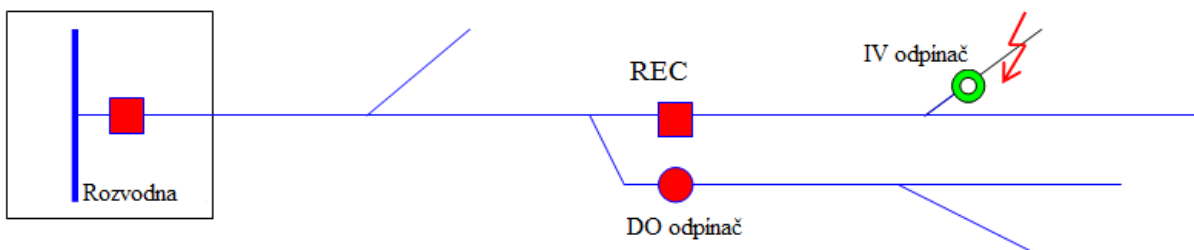
5.2.3 Vedení je osazeno inteligentním venkovním odpínačem a recloserem

Ve vybraných úsecích sítě vn (dlouhých odbočkách z hlavního vedení), kdy je napájení z rozvodny schopné provést vícenásobný cyklus Z, nebo je v síti použit recloser, je možné použít inteligentních venkovních odpínačů (obrázek 5-9).



Obr. 5-9: Vedení vn s IV odpínačem a recloserem

V případě zkratu za IV odpínačem (obrázek 5-10) došlo k dvojnásobnému cyklu OZ na recloseru a v druhé beznapěťové pause se IV odpínač automaticky vypnul.



Obr. 5-10: Vedení vn po vymezení poruchy IV odpínačem

Celá linka vn, mimo část za inteligentním odpínačem, je po cyklu pomalého OZ zapnuta. Celá tato operace proběhla automaticky bez zásahu dispečera a bez napětí je vymezený nejmenší úsek s poruchou. I v tomto případě je nutné mít zpožděné zkratové ochrany na vývodu rozvodny cca o 200 ms, oproti recloseru. Zkraty za recloserem nesmí rozvodna vypínat. Vypnutí vývodu v rozvodně musí dojít v případě selhání ochran recloseru. Indicií pro ověření stavu IV odpínače osádkou v terénu po úspěšném proběhnutí cyklu OZ na recloseru je stav, kdy IV odpínač nehlásí svůj stav polohy do dispečerského řídicího systému.

5.3 Způsob nastavení ochran recloseru a na rozvodně

Recloser se z hlediska funkčnosti ochran chová stejně jako spínací stanice vn. Aby bylo možno dosáhnout selektivity vypínání zkratových proudů, musí být v napájecí rozvodně provedeno zpoždění vypnutí zkratové ochrany. Různou konfigurací sítě 110 kV dochází k proměnnému zkratovému výkonu na rozvodně vn. Proto není možné zabezpečit selektivitu ochran pouhým odstupňováním náběhových hodnot proudu. Pokud je porucha v síti vn za recloserem, je nutné, aby vypnul tuto poruchu jen recloser včetně neúspěšných cyklů OZ a vývod v rozvodně zůstal v provozu. Pro vypnutí recloseru je nastavena zkratová (startuje cyklus OZ) a nadproudová ochrana.

Zemní směrová ochrana slouží pro signalizaci určení místa zemního spojení. Ochrana proudové nesymetrie pomáhá odhalit přerušení vodiče, případně pád izolovaného vodiče na zem a jeho přetížení. Po delší odstavce distribučního vedení vn může být při zapínání vedení zapínací náraz tak velký, že vybaví nadproudovou, někdy i zkratovou ochranu. Abychom předešli tomuto nežádoucímu vypnutí vedení, je nutné provést zablokování těchto ochran, následné zapnutí linky a opětovné odblokování. Na recloseru můžeme provést blokování automatiky OZ. Funkce GSC jsou při normálním provozu blokovány a zemní poruchy jsou pouze signalizovány. Při odblokování této funkce ochrany, bude recloser vypínat i při zemním spojení v síti za recloserem.

V následující tabulce je ukázka standardního nastavení ochran vedení vn při jmenovitém proudu do 300 A a zkratovým proudem rozvodny 2 kA.

Tab. 5-1: Způsob nastavení ochran sítě

	Rozvodna	Vedení napájecí recloser	Recloser
nadproudová ochrana $I>$	360 A – 0,9 s	360 A – 0,9 s	150 A – 0,7 s
zkratová ochrana $I>>$	1500 A – 0 s	1500 A – 0,2 s	550 A – 0 s
beznapěťová pauza prvního cyklu OZ t_1	0,8 s	0,8 s	0,8 s
beznapěťová pauza druhého cyklu OZ t_2	20 s	20 s	20 s

6 Návrh nasazení DO prvků na základě provedené analýzy

Pro umístění trvalých stanovišť podpěrných bodů se spínacími prvky, je dobré dodržovat některé zásady. Podpěrný bod umístit na volně přístupné místo, mimo oplocený a jinak nepřístupný terén a ne příliš vzdálený od příjezdové komunikace. Samozřejmostí je stanoviště volně přístupné pro obsluhující pracovníky. Neumísťovat podpěrné body se spínacími prvky v blízkosti břehů vodních toků. Taková místa se při záplavách stávají nepřístupnými, dochází k podemletí břehu, apod.

V nezastavěných částech obce se přednostně umísťují spínací prvky podkošového typu, umístěné pod konzolí, umístěné do kmenových, spojovacích vedení a do odboček.

V zastavěných částech obcí je výhodné umísťovat rovinné spínací prvky, umístěné na vrcholu podpěrného bodu, např. před venkovními trafostanicemi.[13]

6.1 Umísťování dálkově ovládaných spínačů a vypínačů

Způsob nasazování dálkově ovládaných prvků do DS se určuje na základě několika parametrů. Především to jsou technická a ekonomická vyhodnocení a také potřeby dispečerského řízení sítí. Automatické vymezování poruchových míst ve vedeních slouží k zabránění dlouhodobých výpadků a tím i zamezení nedodávky elektrické energie důležitým odběratelům v místech, kde porucha není. Při rozhodování o umístění těchto prvků hraje důležitou úlohu i místní znalost krajiny a terénu.

Při výběru těchto DO prvků je třeba brát v úvahu i potřebu operativního řízení provozu DS, znát okamžité hodnoty veličin proudu, napětí, zemního spojení, stav bez napětí apod.

6.2 Způsoby nasazení DO prvků do zařízení venkovního vedení

- V hlavním vedení, pro rozdělení vedení na více úseků,
- na začátku odbočky oddělením poruchy, kdy odběratelé napojení z hlavního vedení a jiných odboček nejsou omezeni,
- do propojek mezi hlavními vedeními, pro možnost rychlé manipulace a zkrácení omezení nedodávek elektrické energie,
- před výrobny elektrické energie.

6.3 Teoretická analýza nasazení DO prvků

K provedení analýzy nasazení DO prvků do distribuční soustavy 22 kV jsem vybral oblast, dispečerského řízení Valašské Meziříčí. Vlastníkem distribuční soustavy v této lokalitě je společnost ČEZ Distribuce, a.s. Tato společnost je největší distributor elektrické energie v České republice. Dispečerské řízení oblasti Valašské Meziříčí obnáší řízení sítí části Zlínského kraje, okres Vsetín.

V celém okrese Vsetín je distribuční soustava vn o jmenovitém napětí 22 kV. Pro napájení této DS jsou zde čtyři transformovny 110/ 22 kV. Transformovny ve Valašském Meziříčí a Vsetíně jsou majetkem distribuční společnosti. Pro pokrytí denní spotřeby a schopností distribuovat elektrickou energii ve stanovené kvalitě, by tyto dvě transformovny na tak rozlehlou oblast DS nestačily. Proto je ještě distribuční soustava společnosti ČEZ vyvedena z transformoven, které této společnosti nepatří a to v Rožnově pod Radhoštěm a v obci Střelná.

Abych mohl posoudit, na která vedení DS a kam v dané oblasti umístit DO prvky, poskytla mi společnost ČEZ Distribuce, a.s. podklady o poruchách za roky 2013 a 2014. Podklady ve formátu *.xlsx jsou přílohou diplomové práce. Z důvodu ochrany dat společnosti, jsou některé informace z těchto poruch skryty. Pro samotnou analýzu jsem sledoval počty poruch na jednotlivých vedeních vn za uplynulé období, jak dlouho tyto poruchy trvaly a kolik zákazníků bylo při poruchách omezeno. Po pečlivé úpravě dat, jsem pro přehlednost sestavil tabulky 6-1 a 6-2.

Z tabulek je patrný počet poruch vzniklých na vysokém napětí během jediného roku takových, u kterých doba jejich trvání překročí tři minuty. Omezení zákazníků se týká převážně odběratelů na hladině nízkého napětí, jež jsou k distribuční soustavě vn připojeni přes distribuční trafostanice. Dle tabulky 6-1 se nejčastěji udály poruchy na vedeních VN46, VN63 a VN223. Na těchto linkách během roku 2013 vzniklo dohromady 46 poruch, při průměrném omezení cca 2200 zákazníků jedné poruchy a celkové roční nedodávce distribuce elektrické energie v délce cca 44 hodin. Pokud porovnám tato vybraná vedení s tabulkou 6-2, pak na vedeních VN46, VN63 a VN223 v průběhu roku 2014 vzniklo 41 poruch. Opět se jedná o ta samá vedení vn, kdy průměrně se jedna porucha na těchto vedeních dotkla přes 2000 zákazníků a roční nedodávka distribuce elektrické energie na těchto vedeních dohromady trvala přibližně 80 hodin.

Jen z těchto statistických údajů nelze vše potřebné zjistit. Je třeba se podrobněji zaměřit na jednotlivá vedení. Např. na vedení VN63 je v tabulce 6-2 o 7 poruch méně v porovnání s předešlým rokem zobrazeným v tabulce 6-1. Průměrný počet omezených odběrných míst při poruše klesl dle tabulky 6-2 téměř o 850. To je do značné míry zapříčiněno tím, že v počátku roku 2014 na daném vedení proběhla velká rekonstrukce, kdy na začátek jedné dlouhé a rozvětvené odbočky z kmenového

vedení byla vložena spínací stanice s dálkově ovládanými vývody. Jednotlivé vývody dnes napájejí tuto odbočku rozdělenou na několik menších samostatných paprsků distribučního vedení.

Tab. 6-1: Poruchy v roce 2013

ROZVODNA	NÁZEV VEDENÍ	POČET PORUCH	DOBA OMEZENÍ (min)	PRŮMĚRNÁ DOBA 1. PORUCHY (min)	POČET OMEZENÝCH ZÁKAZNÍKŮ	PRŮMĚRNÝ POČET ZÁKAZNÍKŮ NA 1. PORUCHU
Rožnov p. Radhoštěm	VN1201	7	705	100,7	25989	3712
Rožnov p. Radhoštěm	VN251	2	37	18,5	8	4
Rožnov p. Radhoštěm	VN46	9	544	60,4	26226	2914
Rožnov p. Radhoštěm	VN62	5	744	148,8	12090	2418
Rožnov p. Radhoštěm	VN63	11	427	38,8	25202	2291
Rožnov p. Radhoštěm	VN64	4	253	63,2	11892	2973
Rožnov p. Radhoštěm	VN893	3	185	61,6	10083	3361
Rožnov p. Radhoštěm	VN899	1	22	22	5745	5745
Střelná	VN233	13	294	22,6	29619	2278
Valašské Meziříčí	VN104	4	358	90	7252	1813
Valašské Meziříčí	VN213	3	200	66,6	205	68
Valašské Meziříčí	VN221	1	224	224	1	1
Valašské Meziříčí	VN228	6	531	88,5	7890	1315
Valašské Meziříčí	VN229	1	117	117	3	3
Valašské Meziříčí	VN234	3	8	2,6	8122	2707
Valašské Meziříčí	VN240	4	206	51,5	19224	4806
Valašské Meziříčí	VN242	3	190	63,3	9735	3245
Valašské Meziříčí	VN25	6	617	102,8	7195	1199
Vsetín	VN1212	4	145	36,25	3074	768
Vsetín	VN1217	5	209	41,8	2554	511
Vsetín	VN141	2	10	5	6479	3239
Vsetín	VN152	1	166	22	166	22
Vsetín	VN223	13	1374	105,7	20915	1609
Vsetín	VN227	2	63	31,5	254	127
Vsetín	VN231	1	29	29	3	3
Vsetín	VN32	3	628	209,3	520	173
Vsetín	VN61	3	25	8,33	476	158
Vsetín	VN65	7	249	35,5	9252	1393

Tab. 6-2: Poruchy v roce 2014

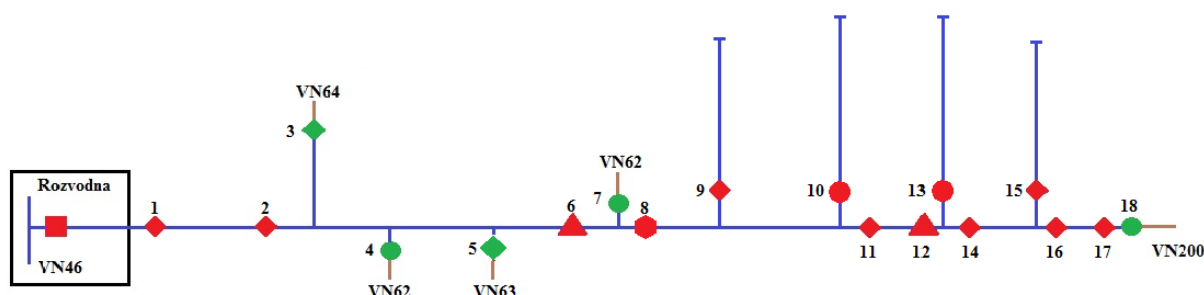
ROZVODNA	NÁZEV VEDENÍ	POČET PORUCH	DOBA OMEZENÍ (min)	PRŮMĚRNÁ DOBA 1. PORUCHY (min)	POČET OMEZENÝCH ZÁKAZNÍKŮ	PRŮMĚRNÝ POČET ZÁKAZNÍKŮ NA 1. PORUCHU
Rožnov p.Radhoštěm	VN1201	10	1257	125,7	15882	1588
Rožnov p.Radhoštěm	VN46	14	2156	154	35256	2518
Rožnov p.Radhoštěm	VN62	4	192	48	2533	633
Rožnov p.Radhoštěm	VN63	4	107	26,75	5777	1444
Rožnov p.Radhoštěm	VN64	8	197	24,6	11735	1466
Rožnov p.Radhoštěm	VN893	1	219	219	1	1
Střelná	VN233	6	493	82,1	5270	878
Valašské Meziříčí	VN104	6	477	79,5	17410	2901
Valašské Meziříčí	VN1208	4	642	160,5	368	92
Valašské Meziříčí	VN213	3	600	200	4332	1444
Valašské Meziříčí	VN228	2	120	60	5494	2747
Valašské Meziříčí	VN234	3	204	68	7426	2475
Valašské Meziříčí	VN240	5	583	119,6	4377	875
Valašské Meziříčí	VN242	2	13	6,5	6794	3397
Valašské Meziříčí	VN25	4	277	69,3	3974	993,5
Vsetín	VN1212	2	359	179,5	1389	694
Vsetín	VN1217	3	649	216,3	429	143
Vsetín	VN141	6	733	122,1	21598	3599
Vsetín	VN152	5	203	40,6	934	187
Vsetín	VN223	17	2029	119,3	35757	2103
Vsetín	VN227	1	4	4	266	266
Vsetín	VN231	2	88	44	99	49
Vsetín	VN238	3	58	19,3	3	1
Vsetín	VN243	3	91	30,3	3065	1021
Vsetín	VN32	7	1233	176,1	13031	1861
Vsetín	VN61	12	760	54,3	1799	150
Vsetín	VN65	6	420	70	11098	1849

Pokud bych chtěl na základě tabulek 6-1 a 6-2 analyzovat nasazení DO prvků do vedení VN223, pak dle informací pracovníků ČEZ Distribuce, budou vhodnější pro správné hodnocení data nasbíraná za období roku 2015 a 2016, neboť v roce 2015 proběhne na vedení VN223 rozsáhlá rekonstrukce. Při rekonstrukci tohoto vedení VN223 se počítá s nasazením DO odpínačů, a to jak do hlavního (kmenového) vedení, tak i do dlouhých odboček z tohoto vedení.

6.4 Vybrané vedení vn

Dalším vedením, na kterém se často vyskytují poruchy vysokého napětí je vedení VN46. V obou tabulkách předchozí kapitoly je toto vedení označeno zeleně. To proto, že na tomto vedení během jednotlivých let jsou časté a dlouhotrvající poruchy se značným počtem omezených odběrných míst. Toto vedení vychází z transformovny v Rožnově pod Radhoštěm a kmenové vedení má délku 19 km.

Jednopolově je toto vedení na obrázku 6-1 s legendou na obrázku 6-2.



Obr. 6-1: Jednopolové schéma VN46

Legenda:
zelená - vypnuto
červená - zapnuto
Δ - jednopolový úsekový odpojovač
◇ - úsekový odpojovač
○ - úsekový odpínač
○ - DO odpínač
□ - DO vypínač

Obr. 6-2: Legenda jednopolového schéma VN46

Z tohoto vedení je více než 50 odboček. Obrázek 6-1 znázorňuje zjednodušené jednopolové schéma vedení VN46. Pro přehlednost jsou zde znázorněny jen čtyři dlouhé odbočky z kmenového vedení za rozpojitelnými body 9, 10, 13 a 15, z toho body 10 a 13 jsou DO odpínače. Dvě odbočky

jsou dlouhé přibližně 4 km a dvě dosahují délky téměř 10 kilometrů. K těmto odbočkám, nacházejících se ve svažitém a těžko přístupném terénu, je připojeno 25 distribučních trafostanic. Přibližně 48 zbylých trafostanic, je připojeno krátkými odbočkami do délky desítek metrů z kmenového vedení. Na kmenovém vedení se nachází 9 míst, kterými lze vedení vn rozpojit. Tyto rozpojitelné prvky jsou v obrázku 6-1 označeny čísly 1, 2, 6, 8, 11, 12, 14, 16 a 17. Přes spínací prvky č. 3, 4, 5 a 7 lze toto vedení propojit s jiným vedením vn ze stejné rozvodny. Z toho prvky č. 4 a 7 jsou DO odpínače. Na konci vedení VN46 je DO odpínač č. 18, kterým se lze propojit na vedení VN200 z transformovny ve Frýdlantu nad Ostravicí.[9]

Jak je patrné z obrázku 6-1 a legendy v obrázku 6-2, na celém úseku kmenového vedení VN46 není jediný DO prvek. Na takto poměrně dlouhém vedení vn z pohledu rychlé signalizace, lokalizace a eliminace poruch, by byla vhodná instalace dalšího DO prvku. Doposud musí pro vyhledání poruchy na tomto vedení vn být vyslána osádka služby sítí vn. Ta postupnými manipulacemi s prvky v síti zkouší, kde by se mohla porucha nacházet. Je to proces časově náročný spoléhající se na nahodilé vyhledání poruchového úseku. Při tomto způsobu vyhledávání poruchového místa nepůsobí dobře pro dobré jméno distribuční společnosti ani neustálé „blikání“ se zákazníkem. Z tohoto pohledu se zdá, jako nelepší varianta pro rychlejší a snadnější identifikaci místa poruchy nasazení recloseru do bodu 8, a na dlouhé odbočky v bodech 9 a 15 nasadit inteligentní venkovní odpínače. Rozpojitelný bod č. 8 se nachází v polovině délky kmenového vedení VN46 a zároveň by se využil i stávající podpěrný bod. Velkou pomocí při vyhledávání poruch v síti vn by rovněž bylo nasazení DO prvků v bodech 9 a 15, které by automaticky spolupracovaly s DO prvkem bodu 8. Tím by se zkrátila doba nedodávky, klesl by počet omezených zákazníků na počátku poruchy. Vyhodnocení poruchy dispečerem by proběhlo v kratším časovém úseku. Výhodnost takto nasazených DO prvků v síti názorně popisuje následující kapitola, zaměřená na ukazatele nepřetržitosti distribuce.

7 Vyhodnocení vlivu nasazených DO prvků na ukazatele nepřetržitosti distribuce

Ukazatele nepřetržitosti distribuce neslouží jen k povinnému předání hodnocení na ERÚ, ale bývají v distribuční společnosti využívány k vlastní analýze a zamyšlení, jak vylepšit nepřetržitost distribuce elektřiny. Proto na základě těchto ukazatelů se můžeme zabývat možností nasazení DO prvků v dané oblasti.

Ukazatelé nepřetržitosti distribuce předepsané pro účel ERÚ jsou definovány [14]:

- průměrný počet přerušení distribuce elektřiny u zákazníků v hodnoceném období – SAIFI,
- průměrná souhrnná doba trvání přerušení distribuce elektřiny u zákazníků v hodnoceném SAIDI,
- průměrná doba trvání jednoho přerušení distribuce elektřiny u zákazníků v hodnoceném období CAIDI.

Předmětem tohoto sledování jsou ve smyslu vyhlášky ERÚ :

- neplánovaná (poruchová/nahodilá) přerušení distribuce,
- plánovaná přerušení distribuce, s trváním delším než 3 minuty (tzv. dlouhodobá přerušení distribuce ve smyslu ČSN EN 50160).

Podklady o spolehlivosti zařízení a prvků distribučních soustav jsou:

- poruchovosti jednotlivých zařízení a prvků,
- odstávky zařízení při údržbě a revizích,
- odstávky zařízení pro provozní práce na vlastním zařízení i zajištění bezpečnosti při pracích v blízkosti živých částí rozvodu.

Systémový ukazatel SAIFI (četnost přerušení), SAIDI (souhrnné trvání přerušení) a CAIDI (průměrné přerušení) vyjadřují průměrné hodnoty dopadů událostí na nepřetržitost distribuce elektřiny za všechny zákazníky celé DS.

7.1 SAIFI

Ukazatel SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) udává průměrný počet přerušení distribuce elektřiny u zákazníků na napěťové hladině h v hodnoceném období [14].

Zlepšení ukazatele SAIFI lze dosáhnout jedině snížením počtu přerušení distribuce, které lze dosáhnout pravidelnou údržbou prvků v síti a údržbou okolí vedení např. ořezem vegetace.

$$SAIFI_h = \frac{\sum_j n_{jh}}{N_{sh}} \quad [\text{počet/ rok/ odběrné místo}] \quad (7.1)$$

h je označení hodnocené napěťové hladiny (nn, vn, vvn),

j je pořadové číslo události v hodnoceném období,

n_{jh} je celkový počet zákazníků přímo napojených z napěťové hladiny h , jimž bylo způsobeno přerušení distribuce elektřiny dané kategorie v důsledku j -té události,

N_{sh} je celkový počet zákazníků přímo napájených z napěťové hladiny h ke konci předcházejícího kalendářního roku.

7.2 SAIDI

Ukazatel SAIDI (System Average Interruption Duration Index) udává průměrnou dobu trvání přerušení distribuce elektřiny u zákazníků na napěťové hladině h v hodnoceném období[14]. Zlepšit tento ukazatel je možné jak snížením počtu přerušení distribuce (viz. SAIFI), tak snížením doby přerušení distribuce elektřiny, které je možné ovlivnit nasazením DO prvků v síti, použitím systému OZ, atd.

$$SAIDI_h = \frac{\sum_j t_{sj}}{N_{sh}} \quad [\text{min/ rok/ odběrné místo}] \quad (7.2)$$

h je označení hodnocené napěťové hladiny (nn, vn, vvn),

j je pořadové číslo události v hodnoceném období,

N_{sh} je celkový počet zákazníků přímo napájených z napěťové hladiny h ke konci předcházejícího kalendářního roku,

t_{sj} je součet všech dob trvání přerušení distribuce elektřiny v důsledku j -té události u jednotlivých zákazníků přímo napájených z napěťové hladiny h , jimž byla přerušena distribuce elektřiny, stanovený jako:

$$t_{sj} = \sum_i t_{ji} \cdot n_{jhi} \quad (7.3)$$

i je pořadové číslo manipulačního kroku v rámci j -té události,

t_{ji} je doba trvání i -tého manipulačního kroku v rámci j -té události,

n_{jhi} je počet zákazníků přímo napájených z napěťové hladiny h , jimž bylo způsobeno přerušení distribuce elektřiny dané kategorie v i -tém manipulačním kroku j -té události.

7.3 CAIDI

Ukazatel CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index) vychází z ukazatelů SAIDI a SAIFI. Jedná se o průměrnou dobu trvání jednoho přerušení distribuce u zákazníků na napěťové hladině h v hodnoceném období [14]. Nelze jednoznačně říci, že snížením tohoto ukazatele selepší spolehlivost dodávky, ale vylepšit tento ukazatel lze např. snížením celkové doby nedodávky distribuce elektřiny, nebo zvýšením počtu kratších výpadků.

$$CAIDI_h = \frac{SAIDI_h}{SAIFI_h} \quad [\text{min/ přerušení}] \quad (7.4)$$

7.4 Ukazatelé nepřetržitosti distribuce vybraného vedení vn

Na vybraném vedení VN46 jsem provedl vyhodnocení vlivu nepřetržitosti distribuce. Nepřetržitost distribuce je v této kapitole vztažena pouze na poruchy a to poruchy, jejichž doba přerušení je delší než 3 minuty. Tyto ukazatele nepřetržitosti jsem vypočetl z dat, které jsou součástí přílohy diplomové práce. Pro výpočet průměrného počtu přerušení distribuce SAIFI, byl tento ukazatel zprůměrován ke konkrétní poruše. U ukazatele SAIDI, průměrné doby přerušení zákazníka, jsem použil střední dobu trvání přerušení zákazníka t_{sj} . Dle kapitoly 7.2 je možno vzorec 7.2 při uvažování jednoho manipulačního kroku, pro zjednodušení výpočtu rozvést takto:

$$t_{sj} = \frac{n_{0j} \cdot (t_{1j} - t_{0j}) + \frac{(n_{0j} + n_{2j}) \cdot (t_{2j} - t_{1j})}{2} + n_{2j} \cdot (t_{3j} - t_{2j})}{n_{0j}} \quad (7.5)$$

n_{0j} je počet omezených zákazníků na počátku vzniku poruchy,

n_{2j} je počet omezených zákazníků v úseku poruchy,

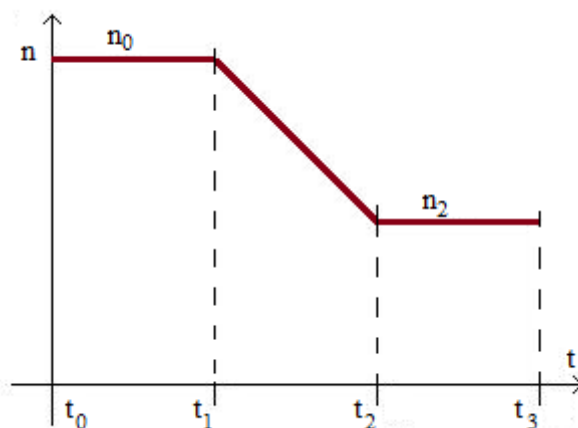
t_{0j} je datum a čas vzniku poruchy,

t_{1j} je datum a čas začátku manipulace,

t_{2j} je datum a čas vymezení místa poruchy,

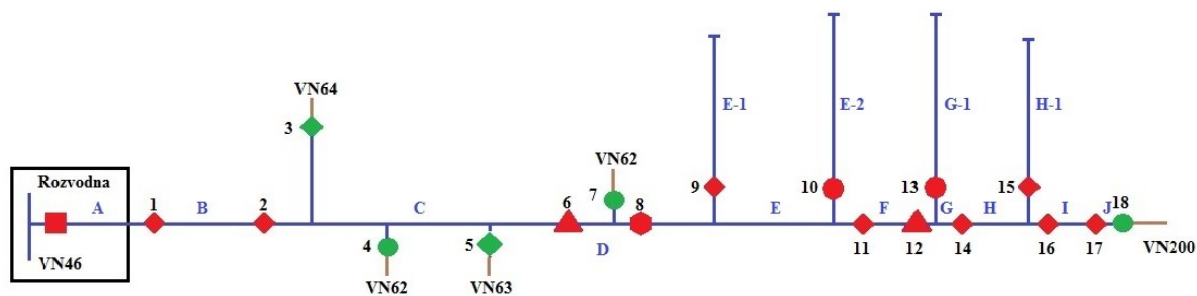
t_{3j} je datum a čas obnovy distribuce po poruše.

Graficky je pro lepší představu průběhu omezení odběratelů v časovém úseku zobrazen v obrázku 7-1.



Obr. 7-1: Grafické znázornění střední doby trvání poruchy

Na vedení VN46 jsem označil velkými písmeny jednotlivé úseky, na kterých mohou vzniknout poruchy (obrázek 7-2). Tyto úseky vedení lze jednotlivě vymezit rozepnutím spínacích prvků a úseky, na kterých se porucha nevyskytuje, mohou být nadále v provozu. To samozřejmě neplatí o odbočkách z kmenového vedení. Ty mohou být zprovozněny až po obnově dodávky elektrické energie na tomto kmenovém vedení.



Obr. 7-2: Značení jednotlivých úseků VN46

V tabulce 7-1 je uveden počet poruch na vedení VN46 v uplynulých letech 2013 a 2014. Poruchy jsou rozděleny na jednotlivé úseky (obrázek 7-2). Každý úsek má svůj počet zákazníků a je zde celková doba omezení převedena na minuty pro jednotlivé úseky vedení za uplynulé dva roky. V tabulce 7-1 jsou statisticky zapsány události, tak jak se v průběhu dvou let staly. Pokud je některý

z úseků bez poruch, není vyloučeno, že na něm poruchy nemohou nastat. Stejně tak příčiny poruch, doba pro jejich vyhledání a čas pro jejich opravu se může různit.

Tab. 7-1: Hodnoty jednotlivých úseků vedení VN46

ÚSEKVN46	POČET PORUCH	POČET ZÁKAZNÍKŮ NA ÚSEKU	CELKOVÁ DOBA NEDODÁVKY ÚSEKU (min)
A	0	0	0
B	0	400	0
C	3	500	258
D	0	100	0
E	3	105	630
F	1	155	187
G	0	420	0
H	1	210	145
I	0	280	0
J	0	0	0
E-1	4	350	220
E-2	3	380	360
G-1	2	320	660
H-1	6	130	240

7.5 Vyhledání úseku poruchy

Veškeré vyhledávání úseků poruch na vedení VN46, mimo úseky E-2 a G-1 (obrázek 7-2), se musí provádět za pomoci pracovníků v terénu. Pracovníci, na pokyn dispečera řídicího příslušnou oblast hladiny vysokého napětí, vypínají a zapínají dané vypínací prvky a dispečer zkouší vedení z rozvodny zapínat. Stěžejním místem pro vyhledání úseku poruchy na tomto vedení je úsekový odpínač č. 8 (obrázek 7-2). Ten se nachází v polovině délky kmenového vedení VN46. Vypnutím tohoto odpínače se pozná, zda je porucha před nebo za tímto prvkem.

Vyhledání poruchy v úseku C nejprve osádka v terénu přijede k vypínacímu bodu 8, rozepne jej a dispečer se pokusí vedení zapnout vypínačem na rozvodně. V důsledku trvajících poruch na vedení vypínač na rozvodně vypne. Porucha se nachází mezi rozvodnou a ÚO 8, který se ponechá vypnutý. Zbývající část vedení, na které se porucha nenachází, se uvede pod napětí přes DO odpínač č.18 ze sousedního vedení VN200. Dále se porucha vyhledává postupným přejížděním k vypínacím prvkům.

Nejblíže to má osádka k bodu 6. Po rozepnutí tohoto bodu je vyzkoušeno dispečerem opětovné zapnutí vedení z rozvodny. Přetrvávající poruchou vedení na rozvodně opět vypne. Osádka v terénu se může přesunout blíže k rozvodně k bodu 2. Jednopolový úsekový odpojovač není nutné zapínat vzhledem k možnosti tento úsek napájet přes DO odpojovač 7 z vedení VN62. Následným vypnutím úsekového odpojovače 2 a zapnutím vedení VN46 z rozvodny se vymezí poruchový úsek C.

Velká část nedodávky elektrické energie při vyhledávání této poruchy je způsobena časem dojezdu k jednotlivým vypínacím prvkům osádkou v terénu. Nasazením DO prvku do tohoto vedení, jak bylo popsáno v kapitole 6.4, by se výrazně snížil ukazatel SAIDI což je patrné z grafu 7-2.

Vyhledání poruchy v úseku E je nutné opět rozdělit vedení na dvě části, nejlépe v bodě 8. Zapnutím vedení na rozvodně se zjistí, že porucha se nachází někde za bodem 8. Je nutné vypnout vedení na rozvodně, zapnout úsekový odpínač 8 a postupně se přemístit k vypínacímu bodu 11. Cestou k tomuto bodu vypnout odbočku E-1 pomocí úsekového odpojovače 9. Dispečer opět vyzkouší zapnout vedení VN46 vypínačem na rozvodně. Po neúspěšném zapnutí vedení z rozvodny, dispečer ví, že porucha není za bodem 9 a také není za bodem 10 a 13. Tuto informaci zná, protože body 10 a 13 jsou DO odpínače a průchod zkratového proudu těmito prvky by byl zaznamenán do dispečerského řídicího systému. Následně osádka vypne úsekový odpojovač 11 a dispečer zapíná vedení z rozvodny. Znovu neúspěšné zapnutí vypínače na rozvodně indikuje poruchu v úseku E. Nezbývá než část vedení zapnout DO odpínačem 18 a po rozepnutí úsekového odpínače 8 zapnout vedení VN46 z rozvodny.

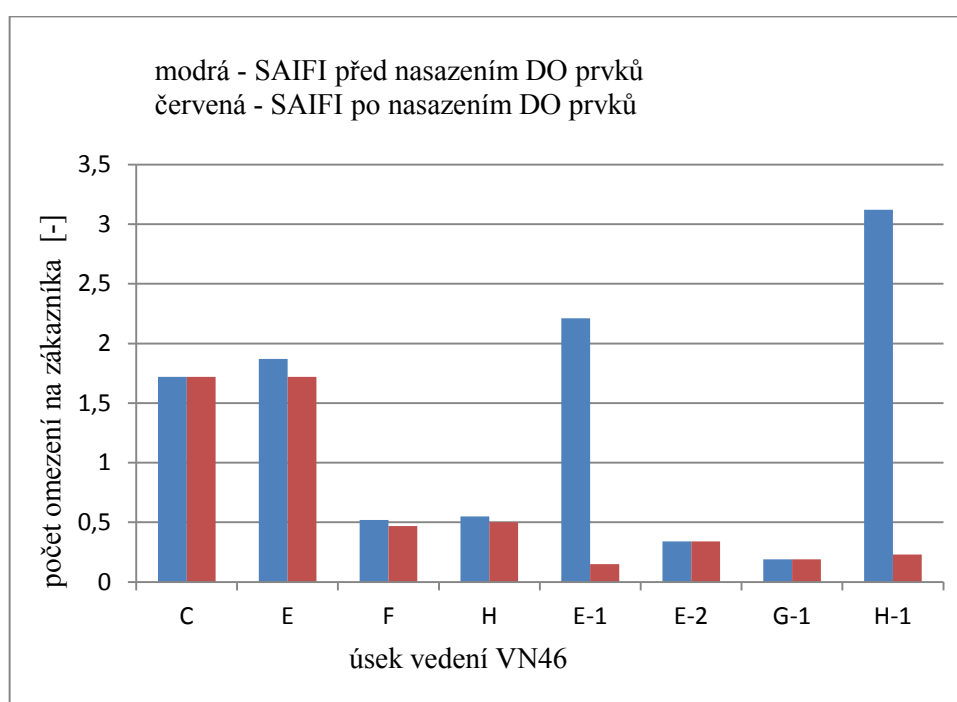
Opět i u této poruchy je důležitým faktorem ovlivňujícím ukazatele nepřetržitosti dodávek SAIDI, rychlost dojezdu k vypínacím místům a postupné manipulace s těmito prvky. V případě nasazení recloseru do kmenového vedení bodu 8 a do dlouhých odboček E-1 a H-1 nasazení inteligentních odpínačů spolupracujících s tímto recloserem, by vedení od rozvodny po bod 8 zůstalo pod napětím a poruchy by se vyhledávaly opětovným zapínáním recloseru. V tomto případě by se snížil ukazatel SAIFI viz graf 7-3 a SAIDI graf 7-4, protože počet omezených zákazníků na počátku vzniku poruchy n_{OI} by se značně snížil, stejně tak i doba omezení.

Vyhledání poruchy v úseku F a H je obdobné jako v úseku E. Postupným přejížděním osádky k jednotlivým vypínacím prvkům a zkoušením zapnout vedení z rozvodny se nakonec tyto úseky s poruchou vymezí. Velký časový prostor je věnován vyhledáním poruchy. Jako v předešlém případě je z grafu 7-3 a 7-4 vidět zlepšení ukazatelů SAIFI, SAIDI nasazením DO prvků do vedení vn.

Vyhledání poruchy v úseku E-1 je stejné jako vyhledání poruchy v úseku H-1. Opět postupným zkoušením zapnutí vedení z rozvodny a po postupném rozepínání vypínacích prvků, jsou

poruchové místa v úsecích E-1 nebo H-1 vymezeny. Nasazením inteligentních odpínačů na tyto odbočky v bodech 9 a 15 by se výrazným způsobem snížil ukazatel průměrného počtu vypnutí zákazníka SAIFI a nemalou měrou i ukazatel SAIDI patrně z grafu 7-3 a 7-4.

Vyhledání poruchy v úseku E-2 a G-1 jsou vyhledány pomocí hodnot snímaných na DO odpínačích 10 a 13 přenášných do řídicího systému. Ve velmi krátkém časovém úseku je úsek poruchy nalezen, DO odpínače 10 nebo 13 vypnuty a vedení z rozvodny zapnuto. Celá operace s těmito prvky netrvá déle než 3 minuty. Opravu vedení už musí provést pracovníci v terénu. Ovlivnění ukazatelů SAIDI závisí pouze na času potřebného k opravě vedení.

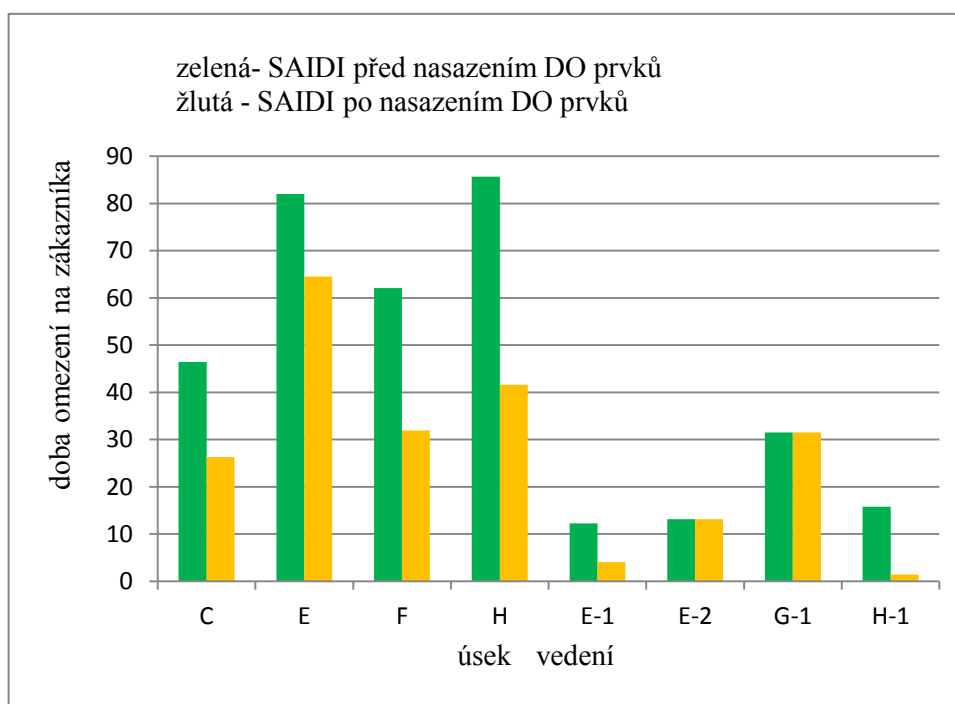


Obr. 7-3: Graf nepřetržitost distribuce SAIFI vedení VN46

Obrázek 7-3 znázorňuje graf počtu omezení na zákazníka. Jedná se tedy ukazatel nepřetržitosti distribuce SAIFI za uplynulé období vztažené pro jednotlivé úseky, na kterých se v uplynulých dvou letech projevily poruchy vedení VN46. Ukazatel byl vypočten dle vzorce 7.1 pro konkrétní vedení vn, ze kterého je napájeno 3350 odběrných míst. Z tabulky 7-1 byly pro výpočet použity údaje o počtu poruch za sledované období a počet omezených zákazníků, nacházejících se na daném úseku vedení. Modrá znázorňuje ukazatel na současném vedení se stávající skladbou vypínacích prvků. Červeně je znázorněn tento ukazatel po nasazení DO prvků do vedení způsobem popsáním v kapitole 6.4.

Z obrázku 7-3 je zřejmé, že ukazatel SAIFI po teoretickém nasazení DO prvků do sítě na některých úsecích poklesl. Jedná se především o úseky odboček z kmenového vedení. Počet odběrných míst zasažených poruchou se omezí od počátku poruchy na konkrétní místa.

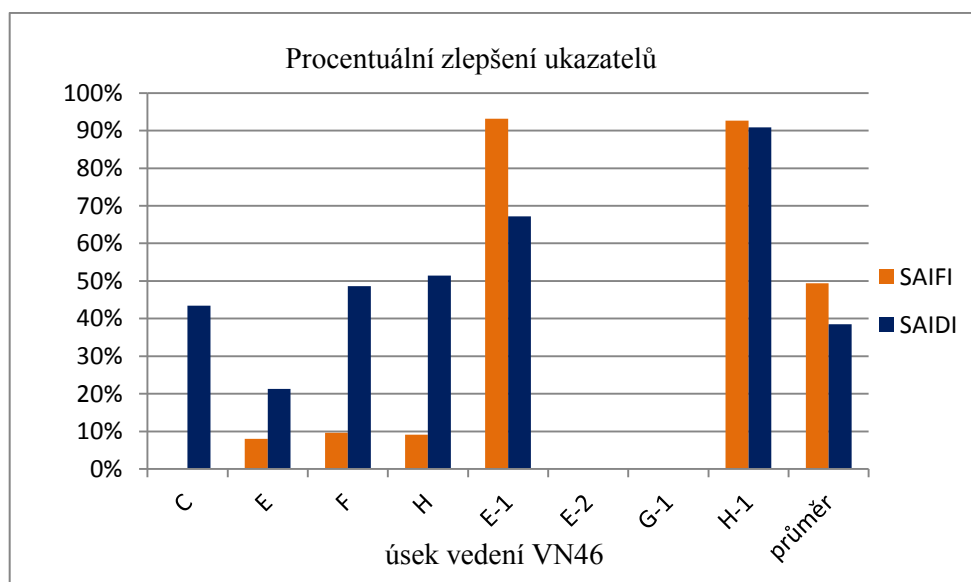
Obdobně je v obrázku grafu 7-4 znázorněn další ukazatel nepřetržitosti distribuce SAIDI. Ten popisuje průměrnou dobu přerušení distribuce vztaženou na zákazníka na jednotlivých úsecích, kde se v daném období řešily poruchy. Ukazatel SAIDI je vypočten ze základního vzorce 7.5, který udává střední dobu omezení zákazníka. To znamená, že na počátku poruchy je omezeno nejvíce zákazníků vypnutím DO prvku. Převážně vypínačem na rozvodně. Potom následuje manipulace na vedení, kdy je omezena menší část odběrných míst. Nakonec, po vymezení poruchy, se nedodávka elektrické energie týká jen odběrných míst napojených z úseku zasaženého poruchou. Zeleně je ukazatel současného vedení se stávající skladbou vypínacích prvků a žlutá po uvažované výměně vypínacích prvků dle kapitoly 6.4.



Obr. 7-4: Graf nepřetržitost distribuce SAIDI vedení VN46

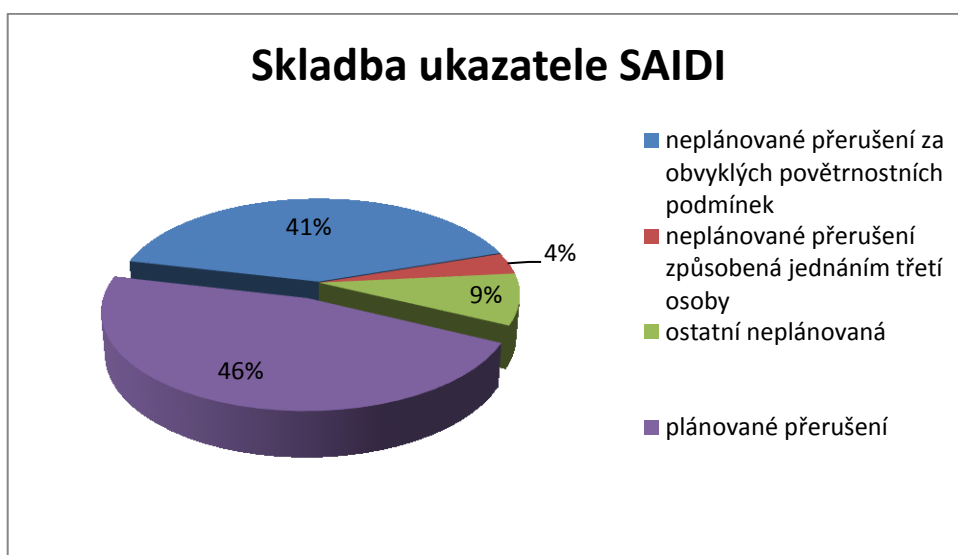
Obrázek 7-4 graficky znázorňuje, že po výměně spínacích prvků v síti za DO prvky, se výraznou měrou sníží doba omezení zákazníka. Na jednotlivých úsecích dochází rychlejší obnově dodávky elektrické energie po neplánovaném přerušení v řádech desítek minut.

V obrázku grafu 7-5 je procentuální znázornění ukazatelů nepřetržitosti distribuce SAIFI a SAIDI. Jedná se znázornění zlepšení těchto ukazatelů. V úseku vedení, kde se sloupec ukazatele nevyskytuje, nedochází k žádnému zlepšení ani zhoršení. Na úsecích E-2 a G-1 už DO prvky existují a ke zlepšení ukazatelů může dojít jen rychlostí nalezení poruchy a jejího odstranění.



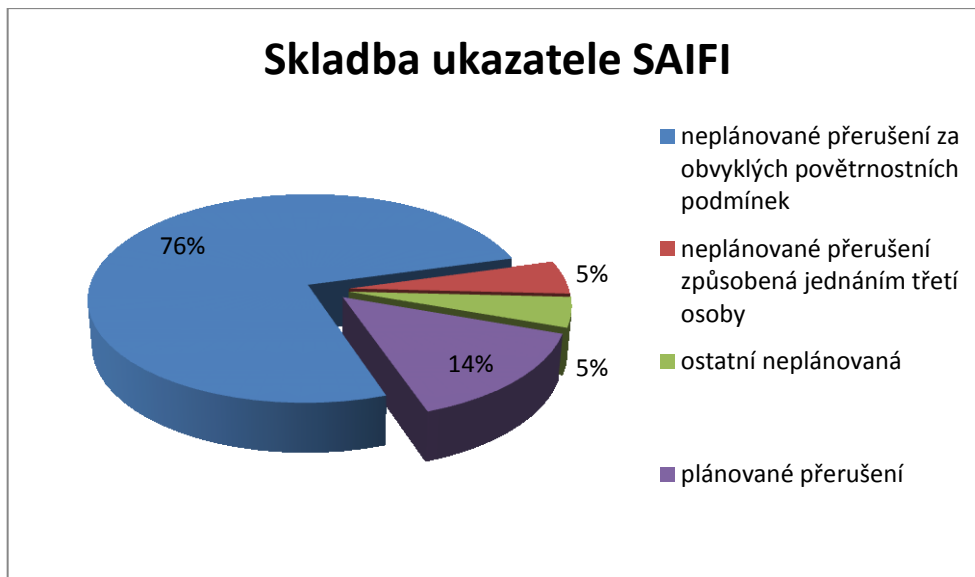
Obr. 7-5: Graf procentuálního zlepšení ukazatelů nepřetržitosti vedení VN46

Průměr v grafu znázorňuje zlepšení ukazatelů SAIDI, SAIFI celého vedení VN46 postiženého poruchami za sledované období. Je třeba dodat, že hodnoty ukazatelů nepřetržitosti distribuce se počítají z plánovaných přerušení a neplánovaných přerušení. Ty se dále dělí na neplánované přerušení za obvyklých povětrnostních podmínek, přerušení způsobená jednáním třetí osoby a ostatní neplánovaná přerušení DS.



Obr. 7-6: Graf skladby ukazatele SAIDI

Obrázek grafu 7-6 znázorňuje skladbu jednotlivých složek pro výpočet SAIDI a graf 7-7 pro výpočet ukazatele SAIFI. Grafy jsou vytvořeny ze souhrné správy společnosti ČEZ Distribuce, a.s. Nasazením DO prvků do sítě vn, nedojde ke snížení hodnot všech složek příslušného ukazatele. Procentuální zlepšení ukazatelů z grafu 7-5 se týká složky neplánovaného přerušení distribuce za obvyklých povětrnostních podmínek. Výšeče této části ukazatelů jsou v grafech 7-6 a 7-7 zbarveny modře.



Obr. 7-7: Graf skladba ukazatele SAIFI

8 Zhodnocení a závěr

V diplomové práci jsem nastínil problematiku automatizace distribučních sítí a nasazování dálkově ovládaných prvků do DS 22kV. Popsal jsem různé typy DO prvků pro venkovní i kabelové vedení vn. Tyto typy DO prvků se používají v DS České republiky, především na severní Moravě. Jednotlivé druhy DO prvků popsaných v jednotlivých kapitolách, jsou prvky z katalogových listů společnosti ČEZ Distribuce, a.s. Automatizační prvky si společnost vybrala na základě dlouholetých ověřených poznatků o jejich kvalitě, technických parametrech a zkušenostech s použitím těchto zařízení jak v České republice, tak v okolních zemích. Podobných DO prvků se ve světě používá mnoho, ale pro každou distribuční společnost je výhodnější standardizovat používané typy zařízení. Rychleji a levněji se tím vyřeší opravy poruch jednotlivých komponentů těchto zařízení.

Popsal jsem způsoby řešení vyhledávání poruch v sítích vn s použitím jednotlivých DO prvků a jejich kombinace v síti. Z dat, týkajících se poruch na vysokém napětí za uplynulá období, která jsem získal od distribuční společnosti ČEZ, jsem sestavil tabulky a porovnal na jednotlivých vedeních vn četnost poruch, dobu nedodávky a počet zákazníků omezených těmito poruchami.

Na vybraném vedení vn, které se z pohledu četnosti poruch jeví jako nejporuchovější a je zde velký počet zákazníků dlouhou dobu bez dodávek elektrické energie, jsem provedl výpočty ukazatelů nepřetržitosti distribuce SAIFI, SAIDI pro poruchy v jednotlivých úsecích. Po té jsem do tohoto vedení navrhl umístění DO prvků dle kapitoly 6.4. Za předpokladu, že by se poruchy na vn vyskytly ve stejném počtu a ve stejných místech jako na vedení VN46 bez DO prvků, jsem opět provedl výpočty SAIDI, SAIFI. Tyto ukazatel nepřetržitosti distribuce jsem zobrazil v samostatných grafech. Z grafů jsou patrné rozdíly před a po nasazení DO prvků v síti. Nejmarkantnější zlepšení ukazatelů SAIFI, tedy počtu omezení na zákazníka, ale i SAIDI doby omezení zákazníka se projeví nasazení DO prvků na dlouhé odbočky z kmenového vedení E-1 a H-1 s velkým počtem zákazníků. Dalším DO prvkem umístěným do sítě je recloser. Reclosery se umísťují do vzdálených míst od rozvodny, kde jsou zkratové proudy pod možností nastavení zkratové ochrany na rozvodně, jejich výhodou proti DO odpínačům je, že reclosery jsou výkonové vypínače uprostřed sítě, srovnatelné s vývodovými vypínači na rozvodně. Takovýto prvek v síti je schopen zapínat vedení do zkratu, což by s odpínačem nebylo možné. I proto může být vedení z rozvodny po recloser zapnuto a veškeré manipulace se při vyhledávání poruch řeší zapínání tímto výkonovým prvkem. Tato výhoda je viditelná i v grafu 7-4 ukazatele SAIDI, kdy výraznou měrou poklesla průměrná doba omezení na zákazníka.

Vyhodnocení neplánovaných přerušení na jednotlivých vedeních v rámci celé distribuční soustavy vn společnosti ČEZ, jako jsem to provedl na vedení VN46, mohlo by dojít především ke snížení ukazatelů SAIDI. Celková doba omezení u neplánovaného přerušení dodávky elektrické energie za obvyklých povětrnostních podmínek by nasazením DO prvků do sítě v podobně postiženém vedení poklesla o 40%, což v konečném součtu všech složek tohoto ukazatele tvoří zlepšení o 16% po celou distribuční společnost. Ukazatel SAIFI je závislý především na počtu přerušení distribuce. Ovšem nasazením DO prvků do sítě vn, by byl vypnut úsek sítě nejbližší poruchy a tím by zároveň došlo k snížení počtu omezených odběratelů. Vhodné je nasazovat tyto DO prvky do dlouhých odboček z kmenového vedení.

Je nutno říci, že dálkově ovládané prvky jsou jen silovým nástrojem. Celou inteligenci vyhodnocování a měření prování řídící automatika, která se používá jednotně pro všechny prvky. Používá se RTU7M. Selektivním nastavením všech RTU7M v soustavě dojde teprve k požadované automatizaci sítě, která má významný vliv na spolehlivost dodávek elektrické energie a nepřetržitost distribuce.

Seznam použité literatury

- [1] VÁLEK, M. *Havarijní zálohování uzlu Nový Jičín, Odry v případě ztráty napájení ze strany 110kV*. Ostrava, 2013. Bakalářská práce. VŠB TU Ostrava.
- [2] TOMAN, P., J. DRÁPELA, S. MIŠÁK, J. ORSÁGOVÁ, M. PAAR a D. TOPOLÁNEK. *Provoz distribučních soustav*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 263 s. ISBN 978-80-01-04935-8.
- [3] ČSN 33 2000-5-52 ed.2. *Elektrická zařízení-Část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení-Elektrická vedení*. únor 2012.
- [4] 458/2000 Sb. O podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon). In: *Sbírka zákonů*. 28. listopadu 2000. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/>
- [5] ČSN EN 50 160 ed.3. *Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě*. únor 2011.
- [6] Pravidla provozování distribučních soustav. In: *PPDS*. 2014. Dostupné z: <http://www.cezdistribuce.cz/cs/energeticka-legislativa/pravidla-provozovani-ds/ppds-2014.html>
- [7] TŮMA, J., Rusek, S., Martínek, Z., Chmišinec, I., Goňo, R. *Spolehlivost v elektroenergetice*. 1. vyd. Praha: ČVUT, [2006], 291 s. ISBN 80-239-6483-6.
- [8] PNE 35 4212. *Úsekové spínače pro venkovní vedení do 45 kV, včetně*. 1.1.2007.
- [9] KORDAS, J. *IED v sítích vysokého napětí*. Poděbrady, 2007. Seminář EGÚ Praha.
- [10] Metodika určování nepřetržitosti distribuce.: Příloha 2 PPDS. In: *Pravidla provozování distribučních soustav*. listopad 2014. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/462808/Změna+2_2014_Pravidla
- [11] Elektronický katalog DRIBO. *DRIBO, spol. s r.o.* [online]. 30. dubna 2013 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: http://www.dribo.cz/pdf/CZ_DRIBO_Prehledovy_katalog.pdf
- [12] ŠKARPA, T. *Návod na provozování recloseru v sítích vn*. Severomoravská energetika, a. s.: Ostrava, 2001.
- [13] ČEZ DISTRIBUCE, a.s. *Koncepce venkovních sítí VN: DSO_ME_0152r02z2*. prosinec 2012.
- [14] 540/2005 Sb. Vyhláška o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice. In: *Sbírka zákonů*. 15. prosince 2005. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/>

Seznam obrázků

Obr. 2-1: Schéma sítě IT	4
Obr. 2-2: Schéma sítě TN-C.....	4
Obr. 2-3: Ukázka venkovního vedení	5
Obr. 2-4: Ukázka kabelového vedení	5
Obr. 2-5: Schéma paprskové sítě.....	6
Obr. 2-6: Schéma okružní sítě.....	7
Obr. 2-7: Schéma mřížové sítě	8
Obr. 3-1: Graf vanové křivky	18
Obr. 4-1: Recloser GWR dodávaný firmou DRIBO spol. s r.o.....	21
Obr. 4-2: Řez nádoby vypínače Recloser SF6 GVR	22
Obr. 4-3: Recloser GVR na betonovém sloupu.....	23
Obr. 4-4: Inteligentní venkovní odpínač firmy DRIBO spol. s r.o.....	25
Obr. 4-5: Řez zhášecí komorou inteligentního odpínače	26
Obr. 4-6: Proces vypínání inteligentního odpínače	27
Obr. 4-7: Dálkově ovládaná stanice s venkovním odpínačem firmy DRIBO spol. s r.o.	28
Obr. 4-8: Řídící skříň DOS	29
Obr. 5-1: Stav vedení při prvním OZ	32
Obr. 5-2: Stav vedení při neúspěšném OZ	32
Obr. 5-3: Stav vedení po vymezení úseku poruchy.....	33
Obr. 5-4: Stav vedení při prvním OZ	33
Obr. 5-5: Stav vedení při neúspěšném OZ	33
Obr. 5-6: Stav vedení po prvním OZ.....	34
Obr. 5-7: Stav vedení po automatické manipulaci v síti	34
Obr. 5-8: Stav vedení po vymezení úseku poruchy.....	34
Obr. 5-9: Vedení vn s IV odpínačem a recloserem	35

Obr. 5-10: Vedení vn po vymezení poruchy IV odpínačem	35
Obr. 6-1: Jednopolové schéma VN46	41
Obr. 6-2: Legenda jednopolového schéma VN46	41
Obr. 7-1: Grafické znázornění střední doby trvání poruchy.....	46
Obr. 7-2: Značení jednotlivých úseků VN46	46
Obr. 7-3: Graf nepřetržitost distribuce SAIFI vedení VN46	49
Obr. 7-4: Graf nepřetržitost distribuce SAIDI vedení VN46	50
Obr. 7-5: Graf procentuálního zlepšení ukazatelů nepřetržitost vedení VN46	51
Obr. 7-6: Graf skladby ukazatele SAIDI.....	52
Obr. 7-7: Graf skladba ukazatele SAIFI.....	52

Seznam tabulek

Tab. 3-1: Základní veličiny a jejich vztahy	17
Tab. 5-1: Způsob nastavení ochran sítě	36
Tab. 6-1: Poruchy v roce 2013	39
Tab. 6-2: Poruchy v roce 2014	40
Tab. 7-1: Hodnoty jednotlivých úseků vedení VN46	47

Seznam příloh

- I. Podklady poruchových hlášení
- II. Katalogové listy materiálových standardů ČEZ Distribuce, a.s.